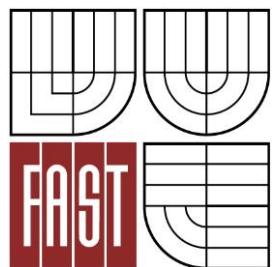




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING
MATERIALS AND COMPONENTS

SPECIÁLNÍ POVRCHOVÉ ÚPRAVY ARCHITEKTONICKÝCH BETONŮ

SPECIAL SURFACE FINISH ARCHITECTURAL CONCRETE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

JAN GAJDOŠ

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

prof. Ing. RUDOLF HELA, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Gajdoš
Název	Speciální povrchové úpravy architektonických betonů
Vedoucí bakalářské práce	prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- tuzemské a zahraniční odborné časopisy
- sborníky z tuzemských a zahraničních odborných konferencí
- internetové stránky, např. <https://webofknowledge.com> nebo <http://wokinfo.com>

Zásady pro vypracování

Rozmach využívání betonů s různými povrchovými úpravami jako finální povrchy v budovách či průmyslových stavbách nabývá v posledních 10 letech na stále větším významu. Jedná se jak o kvalitní hladké povrchy betonů bez defektů či barevných odlišností, ale také o různé úpravy povrchů, které vytváří architektonický výraz. Tyto úpravy se dají vytvářet v čerstvém i zatvrdlém stavu.

Cílem bakalářské práce bude vypracovat rešerši různých typů povrchových úprav architektonických betonů. Rešerše bude rozdělena na možnosti úprav v čerstvých betonech jako např. grafity betonu či různé otisky matric a v zatvrdlých betonech po jejich odformování - leptání, broušení atd. Dále popsat moderní trendy např. průsvitné betony. Pozornost věnovat rovněž složení betonů, kvalitě a typům povrchů bednění a způsobu ukládání a zhutňování pro zajištění kvalitních pohledových betonů.

V praktické části pak navrhnout vhodné složení betonů i samozhutnitelných pro vytvoření kvalitních reliéfů povrchů technologií "grafity betonů" včetně návrhu a ověření této technologie na svislých plochách pro monolitické stěny. Rozsah práce je minimálně 40 stran.

Předepsané přílohy

.....

prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem této práce je popsat moderní metody finálních úprav architektonických betonů s rozdělením na povrchy vytvořené v čerstvém a zatvrdlém stavu. V práci jsou popsány různé vlivy a jejich dopady na výsledný povrch jako je složení betonu, způsob ukládání a zhutňování nebo výroba tohoto betonu. V praktické části je práce zaměřena na technologii výroby grafického betonu a její aplikaci na svislé monolitické stěně.

Klíčová slova

beton, pohledový, bednění, grafický beton, architektonický, povrch, vzhled, leptaný beton, pískovaný povrch, barevně leptaný

Abstract

The aim of this work is to describe modern methods of finishing concrete with architectural division of the surfaces created in fresh and hardened state. In this work describes the various influences and their effects on the resulting surface such as concrete composition, method of storage or production and compaction of concrete. In the practical part of the thesis focuses on the technology of graphic concrete and its application to vertical monolithic wall.

Keywords

concrete, exposed, formwork, graphic concrete, architectural, surface, appearance, etched concrete, sandblasted surface, color etching

Bibliografická citace VŠKP

GAJDOŠ, Jan. *Speciální povrchové úpravy architektonických betonů*. Brno, 2013. 77 s. 9 s. příl., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Rudolf Hela, CSc..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora

Jan Gajdoš

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat a vyjádřit svou úctu vedoucímu mé práce panu prof. Ing. Rudolfovi Helovi, CSc., za odborné vedení a pomoc při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem zaměstnancům Ústavu technologie stavebních hmot a dílců FAST VUT Brno, kteří mi byli nápomocní při tvorbě mé práce. Zvlášť bych chtěl poděkovat Ing. Petrovi Novosadovi za pomoc a konzultace v průběhu vypracovávání mé práce.

OBSAH:

1. ÚVOD	11
2. TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1. Historie betonu	12
2.2. Suroviny pro výrobu architektonického betonu	15
2.2.1. Cement.....	15
2.2.1.1. Bílý cement.....	15
2.2.1.2. Barevný cement	16
2.2.2. Kamenivo	16
2.2.3. Voda	19
2.2.4. Přísady	19
2.2.5. Příměsi	20
2.3. Hlavní zásady výroby pohledového betonu	20
2.3.1. Třídy pohledového betonu.....	20
2.3.2. Výroba čerstvého pohledového betonu	25
2.3.3. Doprava a ukládání pohledového betonu	25
2.3.4. Hutnění čerstvého pohledového betonu	25
2.3.4.1. Ponorná vibrace	26
2.3.4.2. Vibrování pomocí příložných vibrátorů	26
2.4. Použití bednění, separačních prostředků a ošetřování pohledového architektonického betonu	27
2.4.1. Bednění.....	27
2.4.1.1. Druh bednění	27
2.4.1.2. Plášť použitého bednění	28
2.4.2. Separační prostředky	30
2.4.2.1. Rozdělení separačních prostředků	30

2.4.2.2. Volba separačních prostředků	30
2.4.2.3. Nanášení separačního prostředku	32
2.4.3. Ošetřování pohledového betonu	32
2.5. Finální povrchové úpravy betonu	32
2.5.1. Úpravy povrchu nezatvrdlého povrchu	33
2.5.1.1. Povrch vytvořený pomocí reliéfních matric	33
2.5.1.2. Grafický beton	34
2.5.2. Úpravy povrchu zatvrdlého betonu	37
2.5.2.1. Pískované povrchy.....	38
2.5.2.2. Kartáčování.....	39
2.5.2.3. Leptané (patinované) povrchy kyselinou	40
2.5.2.4. Barevné leptání betonu	40
2.5.2.5. Povrchy Tadao Ando	43
2.5.3. Údržba povrchů betonů během jejich stárnutí	45
3. PRAKTICKÁ ČÁST	46
3.1. Cíl práce.....	46
3.2. Metodika práce	46
3.2.1. Postup při výrobě grafického betonu.....	46
3.2.2. Použité suroviny	47
3.2.3. Vyhodnocení vzhledu betonové plochy	48
3.3. Betonáž do svislých forem	48
3.3.1. Tvorba vzoru pomocí samolepící pásky	48
3.3.2. Betonáž ve vrstvách při použití samolepící tapety s grafickým vzorem	51
3.3.3. Vliv doby schnutí zpomalovače na výsledný vzhled vymývaného betonu	56
3.3.4. Zkouška tvorby vzorů.....	59
3.3.5. Tvoření reliéfů pomocí samolepících tapet	62

3.4. Výroba složitějších grafických vzorů	65
3.4.1. Vzor vyrobený strojním nanesením zpomalovače tuhnutí na nosič	65
3.4.2. Betonáž složitého grafického vzoru	67
4. ZÁVĚR	71
5. ZDROJE	73
6. SEZNAM TABULEK	74
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	74
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	75
9. SEZNAM PŘÍLOH	77

1. ÚVOD

Beton nalézal a stále nalézá nové formy svého uplatnění a využití. Tyto nové oblasti využití sebou nesou speciální nároky na jeho složení, ukládání a ošetřování. Mezi tyto požadavky se také řadí finální vzhled použitého betonu. U finálních povrchů betonů dosahujeme předem definovanou podobu pomocí tvaru, struktury, textury a barevnosti povrchu finálního tzv. pohledového betonu. Z toho vyplývá, že pohledový beton je beton takový, u kterého je důležitý předem definovaný vzhled povrchu betonu. Pohledové plochy mohou mít různorodý vzhled v důsledku užití speciálního bednění, speciálního návrhu pohledového betonu nebo dodatečných úprav ploch betonu.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Historie betonu

První zmínky užití betonu jako stavebního materiálu jsou kladeny již do dob starých Římanů. Ovšem některé archeologické nálezy poukazují, že již staří Fénicičané a Egypťané dokázali v malém měřítku využívat produktů hydratace.

Během 2. století př. n. l. v okolí města Puzzuoli těžili Římané růžový sypký materiál, který se podobal písku a obsahoval oxidy křemíku a hliníku. Tyto oxidy se chemicky vážou s vápenným hydrátem a tvoří základní surovinu pro pucolánovou reakci. Umělý kámen vytvořený za pomoci této reakce se z počátku využíval pouze do základů a jako výplňový materiál vzhledem ke své nízké tahové pevnosti. Byla snaha ke zlepšení tahových vlastností a to tak, že se jako tahová výztuž používala měď. Tato metoda vyztužování nebyla příliš účinná a to z toho důvodu, že měď má větší tepelnou roztažnost než beton a nebyla tak zajištěná dobrá soudržnost mezi betonem a výztuží. Výsledek této nedokonalé soudržnosti byl nadměrný vznik trhlin.

Vzhledem k tomu, že v Itálii se nachází velké množství lehkého kameniva, vzniklého rychlým utuhnutím lávy při vytečení na zemský povrch, začalo se toto kamenivo využívat i jako plnivo do betonu. Jako příklad může sloužit betonová klenba římského Pantheonu. Po rozpadu a zániku Římské říše byly poznatky o pucolanitě těchto materiálů časem zapomenuty.



Obr. 1 - Klenba Pantheonu

K novému využití procesu hydratace došlo až v 18. století a to v roce 1719, kdy získal Bry Higgins patent na vynález portlandského cementu. V polovině 19. století se využíval beton jako materiál pro výrobu různých dekorativních zahradních prvků. Díky objevu ocelového vyztužení betonu mohly být realizované i prvky větších rozměrů. V roce 1917 přišel Eugene Freyssinet s vynálezem mechanického vibrování betonu během ukládání, čímž přispěl ke zlepšení vlastností betonu.

Od konce 19. století se beton stal velice oblíbený pro realizaci inženýrských staveb, jako jsou doky, mosty, nábřeží, tovární haly apod., nikoliv však pro architekturu. Bohužel měl beton nálepku barbarského bezcharakterního materiálu a tak se nehodil pro výstavbu křesťanských církevních objektů a tím i dalších veřejných staveb. Betonový povrch byl zakrýván za materiálem důstojnějším např. kamenem. Díky tomuto skrývání povrchu betonu se stavby takto realizované stávaly nákladnější, a proto se šetřilo, kde se dalo. Bednění bylo často velmi nekvalitní, přípravě směsi a uložení betonu nebyla věnována patřičná pozornost a to mělo za následek, že povrchy betonu byly velice nekvalitní.



Obr. 2 - Hala století

pod názvem Hala století (Hala Stulecia) určená k oslavě stého výročí porážky Napoleona u Lipska. Tato budova je tvořena mohutnou železobetonovou kruhovou klenbou o poloměru 65 m. V této stavbě je zvládnuto použití bednicí techniky a řemeslné dovednosti, díky čemuž mohl být v interiéru přiznaný betonový povrch. Tato hala byla později uznána jako jedno z největších architektonických děl 20. století. V roce 2006 se tato monumentální budova dostala na seznam světového dědictví UNESCO.

S rostoucím rozvojem průmyslu na přelomu 19. a 20. století se začala koncentrovat pracovní síla a s tím započal rozvoj velkých měst. S tímto rozvojem souvisela výstavba veřejných prostor, kde by se mohlo shromáždit velký počet lidí. V letech 1911 až 1913 byla v rostoucí Wroclawi postavena dle návrhu architekta Maxe Berga monumentální stavba známá



Obr. 3 - Hala století pohled na klenbu

Mezi další významné betonové stavby první poloviny 20. století patří druhé Goethaneum ve švýcarském Dornachu, které se začalo stavět v roce 1924 a otevřelo se v roce 1928. Tato budova je postavena na místě původního Goethaneuma, které bylo zničeno požárem na Silvestra roku 1922. V roce 1928 nebyla budova ještě dokončena a tak se postupně dostavovala až do roku 1998. Druhé Goethaneum bylo stejně jako první navrženo architektem Rudolfem Steinerem. Jádrem budovy tvoří sál s tisíci místy k sezení s velkým jevištěm. Nachází se zde i další menší sál s 450 místy k sezení. Posláním této budovy je v podpoře alternativní pedagogiky, školství a kultury. V roce 1993 se budova stala národní kulturní památkou Švýcarska a ke svému původnímu účelu slouží dodnes. [4]



Obr. 4 – Goethaneum interiér



Obr. 5 - Goethaneum v Dornachu

2.2. Suroviny pro výrobu architektonického betonu

Architektonický beton lze vyrobit z běžně dostupných surovin, které se používají do jiných, u nás běžně vyráběných betonů.

2.2.1. Cement

Pohledový beton je možné vytvářet z běžně dostupných portlandských cementů, které splňují požadavky ČSN EN 197-1 - Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití. Při výběru cementu je třeba mít na paměti, že je výhodné použít takových cementů, u kterých dosahujeme menšího odlučování záměsové vody z cementové pasty, rovnoměrné jemnosti mletí ve spojení s vhodně vybranými hydraulicky účinnými přísadami. Jedním z hlavních parametrů určujících výslednou barvu architektonického betonu je, hned vedle barvy použitého kameniva, mineralogické složení cementu. Pro zajištění požadovaného barevného odstínu celé betonované plochy konstrukce je klíčové nejen použití jednoho druhu cementu a jedné třídy cementu, ale také použití cementu z jedné cementárny. Při používání směsných cementů k výrobě architektonického betonu je obecně známo, že beton vyrobený z tohoto cementu má větší sklon ke krvácení a odchylkám v barevnosti výsledného povrchu pohledové plochy.[2]

2.2.1.1. Bílý cement

Bílý cement je vzhledem ke svým vyšším nákladům na výrobu úzce spjat s použitím při výrobě architektonických betonů. Bílým cementem označujeme takový cement, jehož obsah

barvicích oxidů splňuje tato kritéria: $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,15\%$ a $\text{MnO} < 0,015\%$. Tento cement obsahuje minimální množství slínkového minerálu C_4AF a větší zastoupení ostatních slínkových minerálů. Vyznačuje se větším vývinem hydratačního tepla a větším množstvím regulátoru (až 8 %). Takovýto cement rozdělujeme do 3 tříd bělosti ve srovnání s ideální referenční bělostí:

- I. třída min. 80 % z ideální bělosti
- II. třída min. 75 % z ideální bělosti
- III. třída min. 68 % z ideální bělosti

2.2.1.2. Barevný cement

Využití barevných cementů při výrobě architektonických betonů přináší velice dobré výsledky. Tento cement lze vyrobit dvěma způsoby a to:

- 1) výrobou barevných slínek a z nich výrobou barevných cementů (tato metoda se uplatňuje jenom zřídka),
- 2) výrobou bílého cementu a následným přimícháním barevných pigmentů k zrnům bílého cementu.

Používání barevných cementů sebou nese vyšší finanční náklady a vzhledem k tomu je užití takovýchto cementů omezeno, stejně jako užití cementů bílých, pouze na výrobu architektonických betonů. Jako barevné pigmenty se používají hlavně pigmenty anorganické. Při užívání pigmentů organických je třeba dbát na to, že tyto pigmenty v zásaditém prostředí betonu ztrácí svůj barevný odstín. Další důležitým faktorem při výběru pigmentů je barevná stálost při vystavení UV záření. Pigmenty se užívají v rozsahu 3,5 až 10 % z hmotnosti cementu, přičemž horní hranice může již negativně ovlivnit fyzikálně-mechanické vlastnosti barevných betonů. [1]

2.2.2. Kamenivo

Hutné kamenivo používané pro výrobu architektonických betonů musí splňovat kritéria třídy A dle ČSN EN 12620 - Kamenivo do betonu. Požadavky na kamenivo pórovité se řídí požadavky stanovené dle ČSN EN 13055-1 - Pórovité kamenivo. Pro zkoušení těchto kameniv platí všeobecné požadavky z normy ČSN EN 1097 - Zkoušení mechanických a

fyzikálních vlastností kameniva. Při výběru kameniva je třeba brát zřetel i na to, že výsledný barevný efekt nebude dosahován pouze volbou barevného cementu, ale i vhodnou volbou kameniva. Tento fakt se projeví více u betonů s dodatečně vymývanou plochou, kdy je důležité zohlednit polohu kameniva k pohledové ploše. Při volbě kameniva se tedy zaobíráme specifickými vlastnostmi, jako je kvalita, granulometrie a barva kameniva. Kamenivo také rozlišujeme z hlediska použití na :

- 1) kamenivo základní (běžně dostupné drcené a těžené kameniva),
- 2) kamenivo korekční (jemně mletý křemičitý písek, mikromletý vápenec, kamenná moučka, atd.).

Dále lze rozlišit, zda používáme kamenivo drcené nebo těžené.

Kamenivo těžené má oblý tvar zrn a vyznačuje se většinou polyminerální skladbou. Díky této skladbě obsahuje velkou řadu zrn různých barevných odstínů. Této vlastnosti lze využít při výrobě architektonických betonů s dodatečně vymývaným povrchem, kdy dostáváme barevně velice zajímavý povrch. Negativní dopad ovšem může mít absence zrn do 0,25 mm, které se při těžbě kameniva ztrácejí. Tato frakce potom chybí a betony z těženého kameniva jsou náchylnější k odlučování vody a vyznačují se všeobecně horšími technologickými vlastnostmi. Z tohoto důvodu se často nahrazuje chybějící frakce těženého kameniva vhodným kamenivem korekčním. Pokud používáme kamenivo těžené ze stěny, bývá často zahliněné a to má negativní vliv na výsledný vizuální efekt pohledové plochy betonu. Proto se doporučuje kamenivo těžené ze stěny propírat.

Pro drcené kamenivo jsou typická ostrohranná zrna a mineralogicky je kamenivo monominerální. Díky tomuto mineralogickému složení nám drcené kamenivo zajišťuje stálobarevnost betonové plochy. Nevýhodou je použití většího množství cementu a vody pro dosažení stejné zpracovatelnosti, jako při použití kameniva těženého.

Jako základní kamenivo je možné použít i kamenivo lehké, ale je třeba myslet na zvýšenou nasákavost takového kameniva a tím i větší náchylnost k změně fyzikálně-technických vlastností čerstvého, ale i zatvrdlého betonu. Výhoda je naopak v tom, že kamenivo nasáklé vodou má po zatvrdnutí v betonu samo-ošetřující efekt.

Pro betony, jejichž plocha se dále neupravuje, má výsledný barevný efekt barva povrchové vrstvy malty, jenž je tvořena barvou cementu a drobného kameniva. Zvláště pak

barva kamenné moučky a množství užití záměsové vody, které musí být vzhledem k přítomnosti této moučky vyšší. Optimální řešení je situace, kdy kamenná moučka má stejnou barvu jako použitý cement. Potřebná barevnost fileru v práškovém stavu lze nastavit vhodným namícháním jeho jednotlivých komponentů.

Při provádění úprav pohledových ploch architektonických betonů, kdy odstraňujeme různými způsoby z povrchu cementovou maltu, má zásadní vliv na výsledný efekt barevnost hrubého kameniva. Zastoupení hrubého kameniva v takto upravené ploše činí až 80%. Mezi takovéto způsoby se řadí technologie přímého či nepřímého vymývání cementového tmelu. V takovémto případě je důležité věnovat výběru hrubého kameniva dostatečnou pozornost.

Z technologického hlediska je důležité pro konzistenci čerstvého betonu a následně jeho trvanlivosti, aby kamenivo neobsahovalo látky způsobující ve styku s cementovým tmelem nežádoucí objemové změny a tím nedocházelo k porušení betonové plochy. Výskyt látek nepříznivě ovlivňujících tuhnutí, tvrdnutí nebo soudržnost betonu s výztuží je nepřijatelný. U pohledového betonu jsou kladeny nároky na znečištění kameniva, které je způsobeno těmito druhy nečistot:

- Primární nečistoty jsou nečistoty takové, které jsou součástí horniny, ze které je kamenivo vyráběno a není možné je běžnými technologickými postupy odstranit. Vliv těchto nečistot se nemusí projevit ihned po realizaci pohledového betonu, ale až s určitým (někdy i velkým) časovým odstupem. Mezi takovéto nečistoty se řadí reaktivní křemen, oxidy těžkých kovů, fosfáty, sírany, jílové minerály, příměsi zkamenělého dřeva a ligninu nebo kamenivo na bázi železné rudy a antracitu. Obsah odplavitelných částic pod 0,063 mm by měl být vyšší než 1 % z hmotnosti kameniva. Zvláštní pozornost z hlediska obsahu primárních nečistot v kamenivu bychom měli věnovat přítomnosti pyritu. Přítomnost pyritu je nežádoucí z toho hlediska, že aktivní forma síranu železnatého (pyritu) reaguje s vodou a vápnem a vytváří barvicí hydroxid železnatý, který se v krátkém čase projeví změnou barvy povrchu pohledové plochy betonu. Z tohoto důvodu je třeba přítomnost pyritu identifikovat a pro vyšší třídy pohledového betonu takovéto kamenivo nepoužívat. Z dalších významných primárních nečistot je třeba zmínit slídu a měkkou křidu, jejíž obsah nesmí překročit 1 % z hmotnosti kameniva jemného a 0,25 % z kameniva hrubého.

- Sekundární nečistoty jsou nečistoty takové, které se projevují na povrchu pohledového betonu jako skvrny způsobené látkami rostlinného (listí, dřevo, uhlí atd.) a živočišného původu.

Velice častá vada pohledový ploch betonu je způsobena nevhodným požitím kameniva s nadlimitním obsahem škodlivých barvicích složek a přítomností cizorodých organických látek. Vady vzniklé tímto nedostatkem jsou prakticky neodstranitelné. Kamenivo recyklované z čerstvého betonu je pro výrobu architektonického betonu nepoužitelné.

2.2.3. Voda

Vodu požitou při výrobě pohledového betonu rozdělujeme na vodu záměsovou a ošetřovací. V zásadě by měla použitá voda vyhovovat požadavkům, které jsou uvedené v normě ČSN EN 1008 – Záměsová voda do betonu. Použití vody kalové získané z výplachu míchaček, autodomíchávačů nebo recyklace čerstvého betonu je nepřípustné.

2.2.4. Přísady

Přísady jsou chemické sloučeniny působící především na cementovou maltu. Hlavní důvod užití přísad je ve změně vlastností čerstvého a zatvrdlého betonu. Díky přísadám můžeme dosáhnout lepší zpracovatelnosti a tím vyšší hutnosti a pevnosti betonu, lepší mrazuvzdornosti a vodotěsnosti. Přísady pro pohledový beton musí splňovat požadavky normy ČSN EN 934-2 – Přísady do betonu.

Dělení přísad:

- Plastifikační – redukují množství záměsové vody
- Superplastifikační – výrazně redukují množství záměsové vody
- Přísady urychlující tuhnutí a tvrdnutí - urychlovače
- Přísady zpomalující tuhnutí a tvrdnutí – zpomalovače (retardéry)
- Přísady stabilizační – zadržují záměsovou vodu, stabilizátory
- Provzdušňující přísady – provzdušňovače
- Těsnící a hydrofobizační přísady – odpuzují vodu

- Expanzní přísady

Jednou z hlavních přísad upravující vlastnosti čerstvého betonu jsou plastifikátory a superplastifikátory. Podstata plastifikátorů jsou organické molekuly, které mají dispergační účinek a využívají se k neutralizaci povrchových nábojů vyskytujících se na povrchu cementových zrn. Existuje pět základních skupin používaných plastifikátorů:

- Lignosulfonáty s velmi nízkým obsahem sacharidů a povrchově aktivních činidel (LS)
- Sulfonátové soli polykondenzátů naftalenů a formaldehydů (SNF)
- Sulfonátové soli polykondenzátů melaminu a formaldehydu (SMF)
- Vinylakrylátové kopolymery (VP,A)
- Estery polykarboxylových kyselin (PC)

2.2.5. Příměsi

Příměsi jsou práškovité látky (s výjimkou tekutých a granulovaných pigmentů) přidávané do čerstvého betonu z důvodu vylepšení jeho vlastností nebo dosažení vlastností zvláštních, do velikosti zrna 0,125 mm. Můžeme je rozdělit na dva druhy:

- Příměsi prvního druhu neboli příměsi inertní (např. pigmenty, filery).
- Příměsi druhého druhu neboli příměsi aktivní, které vykazují latentně hydraulické nebo pucolánové vlastnosti (např. vysokopecní popílký, struska).

Velice oblíbené příměsi při výrobě architektonických betonů jsou pigmenty, které se dodávají jako práškové, tekuté nebo granulované. [2]

2.3. Hlavní zásady výroby pohledového betonu

2.3.1. Třídy pohledového betonu

Betonové povrchy lze zařadit do tříd dle následujících tabulek.

Tabulka č. 1 - Všeobecné požadavky na třídy pohledového betonu

Třída pohledového betonu	Požadavky na povrch pohledového betonu ¹⁾						Požadavky na bednění (třída bednění TB)	Požadavky na separační prostředek dle Tab.	Příklad použití
	Struktura ²⁾	Pórovitost	Vyrovnaná barevnost	Pracovní spáry	Rovinnost	Zkušební plochy			
PB0	S0	-	-	PS0	-	-	TB1	+	Betonové plochy bez zvláštních architektonických nebo betonových požadavků
PB1	S1	P1	B1 doporučeno	PS0	R0	-	TB1	+ nebo ++	Betonové plochy s nízkými požadavky, např. stěny garáží, sklepů, opěrné zdi
PB2	S1	P2	B1	PS1	R1	doporučeny	TB2 ³⁾	++	Pohledové betony s vyššími požadavky, např. běžné dopravní stavby, běžné budovy, stavby v prostředí stupně XF2, XF3 A XF4
PB3	S2	P3	B1	PS2	R1	doporučeny	TB3 ³⁾	++	Pohledové betony s vysokými požadavky
PBS zvláštní třída	S2	P4	B2	PS2S	R1	předepsány	TB3 ³⁾	++	Architektonické exponované plochy zvláštního významu, např. reprezentativní stavby

¹⁾ Požadavky, které nejsou specifikovány v této tabulce je nutno v zadání zvlášť zvážit

²⁾ Třídy struktury povrchu S0, S1 a S2 slouží také ke stanovení požadavků na jakost povrchu pláště bednění (viz požadavky v tabulce č. 2)

³⁾ Při první zkoušce je nutné prokázat těsnost bednění, aby nedocházelo k vytékání cementového tmele

Tabulka 2 – Kritéria požadavků na povrch pohledového betonu

Kritéria	Ozn.	Požadavek / vlastnost
Struktura povrchu, provedení spár	S0	Uzavřená, většinou jednotná barevná plocha s uzavřeným povrchem tvořeným cementovým pojivem nebo maltou
		Žádná hnízda hrubšího kameniva
		V místech spojů dílců bednění výrony cementového mléka/jemné malty šířky do 20 mm a hloubky do 10 mm
		Otisk rámu bednicího dílce
	S1 ¹⁾	Hladká a uzavřená, většinou jednotná betonová plocha
		Žádná hnízda hrubšího kameniva
		V místech spojů dílců bednění výrony cementového mléka/jemné malty šířky do 10 mm a hloubky do 5 mm
		Odskoky povrchu mezi plochami vytvořenými sousedními bednicími dílci do 5 mm
		Otřepy do 5 mm
		Otisk rámu betonového dílce se připouští
	S2 ¹⁾	Hladká a uzavřená, většinou jednotná betonová plocha
		Žádná hnízda hrubšího kameniva
		V místech spojů dílců bednění výrony cementového mléka/ jemné malty šířky do 3 mm
		Skoky povrchu mezi jednotlivými bednicími dílci do 3 mm
		Jemné výrony šířky do 2 mm, jimž technicky nelze zamezit
		Otisk rámu bednicího dílce se připouští
Pórovitost	P	Podíl otevřených pórů o průměru 1 až 15 mm dle tabulky č. 3
Vyrovnaná barevnost	B1	Jsou nepřipustné barevné skvrny způsobené rzí, růzností materiálu bednicího pláště, neodborným zacházením s bednicími dílci, neodborným následným ošetřením, kamenivem různého původu, čárovým probarvením (od prokreslení výztuže)
		Žádné další požadavky ohledně barevných skvrn nejsou kladeny
	B2	Nepřipustné barevné skvrny způsobené rzí nebo cementem, přísadami do betonu, kamenivem různého původu, požití betonu z různých betonáren, růzností materiálu bednicího pláště, neodborným zacházením s bednicími dílci, neodborným následným ošetřením
		Skvrnité probarvení (např. od stop výztuže) je nepřipustné I při dodržení předpisů a svědomitém provádění nelze zabránit barevným odchylkám zcela
Rovinnost	R0	Je dána ČSN P ENV 13670-1 v kap. 10 a příloze F
	R1	Je dána ČSN P ENV 13670-1 v kap. 10 a příloze F, hodnoty sníženy o 1/3
Pracovní spáry	PS0	Výškový odskok mezi dvěma sousedícími úseky betonáže do 15 mm
		Výškový odskok mezi dvěma sousedícími úseky betonáže do 12 mm
	PS1	Výrony jemné malty na straně k dřív betonovanému dílu musí být včas odstraněny
		Doporučuje se použít trojhranných lišt
		Výškový odskok mezi dvěma sousedícími úseky betonáže do 10 mm
	PS2	Výrony jemné malty na straně k dřív betonovanému dílu musí být včas odstraněny
		Doporučuje se použít trojhranných lišt
	PS2S	Trojhranné (nebo podobné) lišty mohou nebo nemusí být přípustné Výškový odskok mezi dvěma sousedními úseky betonáže do 5 mm Výrony jemné malty na straně k dřív betonovanému dílu musí být včas odstraněny

- 1) Třídy struktury povrchu S0, S1 a S2 slouží také ke stanovení požadavků na jakost povrchu pláště bednění (viz požadavky tab. č. 4)

Tabulka č. 3 - Obecná kritéria pórovitosti

Kritérium pórovitosti	Pórovitost povrchu betonu			
	PB1	PB2	PB3	PB4
Plocha pórů [mm ²] ¹⁾	max. 1920	max. 1440	max. 960	max. 480 ²⁾

¹⁾ Plocha pórů s průměrem v mezích 1 až 15 mm na zkušební ploše 400 mm x 400 mm.

²⁾ Hodnota 480 mm² odpovídá 0,3 % zkušební plochy o velikosti 400 mm x 400 mm.

Stanovení velikosti a plochy pórů spočívá v analýze fotografie pomocí počítačového programu LUCIA G 5.1. Výsledkem je poté histogram daných tříd velikosti a plochy pórů zastoupených procentuálně v ploše obrazu.

Čerstvý beton musí mít takové složení, aby jeho konzistence a velikost zrn kameniva byla vhodná pro postup betonáže a vyhovovala tvaru betonovaného dílu. Během procesu hutnění čerstvý beton nesmí segregovat a sedimentovat. Odlučování záměsové vody z čerstvého betonu je nežádoucí. Čerstvý pohledový beton musí být navržen tak, aby se dal dokonale zpracovat a ztuhnout, ale nesmí se měnit jeho složení a konzistence při dopravě a dalším zpracování.

Z předcházejících důvodů je dobré dodržet tyto opatření:

- 1) Složení betonu je dobré navrhovat tak, aby i při menších rozptylech kvality a kvantity materiálů, vstupujících do betonové směsi a jejich vzájemné promíchání, nevyvolaly negativní poruchy pohledové plochy betonu. Hlavními surovinami pro složení takovýchto betonů jsou portlandské cementy oproti cementům směsným, těžené kamenivo a příměsi hydrofobními vlastnosti. Těchto výsledků nelze dosáhnout při použití surovin, které jsou získávány z odpadů nebo z recyklace.
- 2) Použití příměsí s nasákovými vlastnostmi je nepřípustné, protože při volbě takovýchto materiálů by mohlo dojít k odlučování záměsové vody nebo k sedimentaci betonu. Množství jemných složek do 0,25 mm s maximálním zrnem kameniva do 16 mm, spolu s cementem, by neměl překročit hodnotu 550 kg.m⁻³ pokud se jedná o beton vibrovaný standardním způsobem. Pokud vyrábíme plochy pohledových betonů ze samozhutnitelných betonů, tak by množství jemných částic (včetně cementu) mělo odpovídat 600 až 650 kg.m⁻³.
- 3) Nejvyšší možný vodní součinitel použitý pro výrobu pohledového betonu by měl mít hodnotu 0,55. Praktické zkušenosti ukazují, že i při nepatrném kolísání vodního

součinitele ($\Delta w/c = \pm 0,02$) dochází k zjevným změnám barevného odstínu pohledového betonu.

- 4) Vyvarovat se používání recyklovaného betonu a kalové vody z takového betonu získané.
- 5) Při navazování vrstev během betonáže je dobré v některých případech, snížit množství hrubých zrn kameniva v betonu z důvodů snížení barevné odchylky sousedících vrstev.
- 6) Konzistence čerstvého betonu by se měla pohybovat v rozmezí stupně F2 (350 - 410 mm) – F3 (420 – 480 mm). Tato konzistence by měla být stanovena ještě před začátkem betonáže s ohledem na použitou technologii. Odchylka konzistence, která byla stanovena ještě před začátkem betonáže, by se neměla při dodávce čerstvého betonu lišit o více než 20 mm.
- 7) Množství cementové malty s velikostí zrn do 2 mm by mělo u pohledového betonu být alespoň 500 l.m^{-3} .
- 8) Minimální obsah použitého cementu by neměl klesnout pod hodnotu 350 kg.m^{-3} .
- 9) Poměr použitého kameniva pro výrobu pohledového betonu k cementu nemá být větší než 5:1.
- 10) Použitý písek by měl mít maximální čistotu, měl by být těžený z vody. Pokud byl písek těžen ze stěny, měl by být propraný.
- 11) Bednění musí být dostatečně kvalitní, čisté a tuhé, aby výrobu kvalitní betonové pohledové plochy vůbec umožňovalo.
- 12) Separační prostředek, přísady a příměsi betonu musí být maximálně kompaktní se všemi použitými surovinami pro výrobu pohledového betonu.
- 13) Při hutnění betonu by mělo být použito kompaktní vysokofrekvenční vibrace.[3],[4]

2.3.2. Výroba čerstvého pohledového betonu

Během výroby v betonárně je třeba splnit požadavky na přesnost dávkování, dobu míchání, účinnost míchání a celkové řízení procesu míchání. Minimální doba míchání by měla být alespoň 45 s. Při použití provzdušňující přísady do betonu by se měla doba navýšit nejméně o 25 s. Je důležité, aby bylo dosaženo vysoké homogenity a konstantní konzistence po celou dobu dodávky betonu. [2]

2.3.3. Doprava a ukládání pohledového betonu

Časový úsek mezi dokončením přípravy bednění na betonáž a zahájením samotné betonáže by měl být co nejkratší. Během ukládání je dobré použít prostředky k zabránění rozmísění betonu, jako jsou čerpací hadice, betonové nohavice nebo žlaby. U betonáže vysokých dílů je nutné omezit výšku volného pádu betonu vhodným opatřením na maximální hodnotu pádu 1 m. Ukládání a hutnění betonu by mělo být plynulé a doporučená výška vrstev, ve kterých se beton ukládá, by měla být menší nebo rovna 0,5 m. Teplota čerstvého betonu během ukládání musí vyhovovat požadavkům ČSN EN 13670-1 – Provádění betonových konstrukcí. Pokud betonujeme beton pohledových tříd PB2, PB3 a PBS (viz. požadavky tab. 1) je doporučeno realizovat tuto betonáž v rozmezí teplot 5 – 28 °C. Možnost úpravy konzistence betonu je možná, ale pokud upravujeme konzistenci přidáním záměsové vody, musí být na dodacím listě uvedeno množství přidané vody. Množství záměsové vody pro danou recepturu nesmí být překročeno. Výhodnější může být úprava konzistence pomocí plastifikátorů. Objem přidávaného plastifikátoru musí mít objem aspoň 6 dm³. Pokud tomu tak není je třeba plastifikátor naředit vodou. Minimální doba míchání se pak stanovuje podle objemu domíchávače na 1 min/m³ (to znamená, že domíchávač o objemu 5m³ bude promíchávat minimálně 5 minut po přidání plastifikátoru). [3]

2.3.4. Hutnění čerstvého pohledového betonu

Hutnění musí probíhat dle požadavků ČSN EN 13670-1 – Provádění betonových konstrukcí. Během procesu hutnění používáme výkonných vibrátorů a to ponorných, příložných a povrchových. Hutnit je třeba tak dlouho, až neunikají z betonu větší bubliny vzduchu a vytvoří se uzavřený povrch. Kdybychom tak neučinili, mohlo by dojít k tvorbě větších povrchových pórů, které se prakticky nedají opravit a tím zhoršení výsledného estetického projevu.

Při použití samozhutnitelných betonů (SCC), jenž je hutněn pouze vlastní tíhou, vyplňuje zpravidla velmi dobře bednění a to i v místech s hustým vyztužením aniž by ztrácel svou homogenitu a musel být dodatečně hutněn. Použití samozhutnitelných betonů se samo nabízí z důvodů výborné kvality pohledových ploch. Návrhu samozhutnitelného betonu a výběru složek je tedy třeba věnovat velkou pozornost.

2.3.4.1. Ponorná vibrace

Vlastnosti čerstvého betonu musí při ponorné vibraci umožnit při pomalém vytahování vibrátoru dokonalé uzavření povrchu betonu, aniž by zůstal po vibrátoru nějaký otvor. Při betonáži ve více vrstvách je třeba zasunout vibrátor co nejrychleji do první vrstvy na hloubku 100 – 150 mm a po krátké prodlevě ho pomalu vytahovat. Během betonáže vysokých stěn bez přerušení betonáže, zůstává vibrátor ponořený a současně s postupem ukládání čerstvého betonu je pomalu tažen vzhůru. Pokud vibrujeme ponornou vibrací provzdušněný beton, hutnění probíhá pouze pro nezbytně dlouhou dobu, která je potřebná k uvolnění větších vzduchových bublin a k vytvoření uzavřené struktury. Vpichy vibrátoru se umísťují šachovnicově po ploše betonovaného dílce. Průměr zvibrované kruhové plochy (v prostoru se jedná o válec, jehož výška je dána hloubkou ponoření vibrační hlavice) odpovídá asi desetinásobku průměru hlavice vibrátoru. Tomuto faktu přizpůsobujeme vzdálenost vpichů tak, aby se vzájemně překrývaly.

2.3.4.2. Vibrování pomocí příložných vibrátorů

Rozmístění a navržení příložných vibrátorů musí být zvoleno tak, aby vibrace bylo v celé ploše (objemu) prvku stejná a nevznikaly nehomogenity v hutnosti betonu a nedocházelo k dalším negativním vlivům jako je krvácení nebo rozměšování betonu. [2]

2.4. Použití bednění, separačních prostředků a ošetřování pohledového architektonického betonu

2.4.1. Bednění

Bednění vytváří tvar a povrchovou strukturu výsledného betonu. Oproti betonům režným je u architektonického betonu kladen stejně velký důraz na kvalitu bednění jako jeho pevnost, trvanlivost a jiným předepsaným vlastnostem. Z tohoto důvodu je výběr bednění zásadní. Volbou bednění je třeba zajistit, aby byly splněny všechny požadavky stanovené v projektu.

2.4.1.1. Druh bednění

Rozlišujeme tři základní druhy bednění:

- Rámové bednění
- Nosníkové bednění
- Individuální bednění

Tyto druhy bednění je možné použít pro výrobu stěn, sloupů a stropů. Při výběru druhu bednění vybíráme dle možnosti efektivního využití bednění. Pokud to konstrukce dovoluje, upřednostňujeme výběr bednění systémového před bedněním individuálním. Je tomu tak z důvodu vysoké obrátkovosti, snadné manipulace, flexibility, krátké montážní době, kratším termínům dodání a standardní možností pronájmu. Pokud nejsme schopni použít bednění systémového, musíme použít bednění individuální. Všeobecně individuální bednění je schopno lépe vystihnout požadovanou geometrii konstrukce, ale je náročnější na přepravu, přípravu, montáž a v neposlední řadě je ekonomicky náročnější.

Konečný vzhled pohledového betonu ovlivňují vlastnosti použitého bednění. Zejména se jedná o druh použitého pláště bednění, čistotu pláště bednění, těsností spojů a tuhostí bednění, která se rozděluje na lokální a celkovou.

2.4.1.2. Plášť použitého bednění

Povrch pláště bednění můžeme rozdělit na savé (absorbční) a nesavé (neabsorbční). Savý plášť nebo částečně savý umožní lepší odchod vzduchu a vody z povrchu betonu a tím umožňuje snížit tvorbu pórů. Použití savého bednění může ovlivnit negativně výsledný povrch a to tak, že v místech s rozdílnou savostí se vytvoří rozdílné barevné odstíny. Nesavý plášť bednění je schopen dosahovat velice hladkých povrchů, ale je třeba pozorně volit odbedňovací prostředek, protože nesprávná volba může způsobit vznik pórovitosti, tvorbu map a mramorování výsledného povrchu betonu.

Cílem bednění betonových ploch je vytvořit povrch, který odpovídá vstupním požadavkům (ochrana výztuže před korozí, odolnost vůči chemickým a fyzikálním vlivům a splnění požadavků architektonických). Systémová ale i individuální bednění mají vysokou obrátkovost. Abychom dosáhli požadované jakosti povrchu betonu, je důležité před každým dalším použitím bednění řádně očistit a zkontrolovat stav bednění (přípevnění pláště bednění, stav pláště bednění, zda čistota bednění odpovídá požadované třídě bednění a zda kontaktní plochy dílců bednění jsou dostatečně očištěné). Pokud je potřeba opravit plášť bednění, použijeme buď materiál stejného druhu (přeplátování) nebo zacelíme povrch tmelem se stejnou nasákavostí jakou má okolní materiál pláště. Pro dodržení požadavků na výrobu pohledového betonu je třeba přesně definovat všechny znaky bednění (plášť bednění, upevnění, příprava a kotevní systém). [4]

Tabulka č. 4 - Druhy pláště bednění, jejich vlastností a vliv na povrch bednění

Savost povrchu	Poř. č.	Druh pláště bednění (materiál, úprava)	Typické znaky vytvořené plochy betonu	Možné vlivy na povrch betonu, příklady použití
<div>Více savý</div> <div>↑</div>	1a ¹⁾	Hrubá prkna z pily	Kresba struktury dřeva, tmavé zbarvení, po větším počtu obrátek barva postupně světlá	Uvznutí dřevěných vláken v povrchu betonu, nízká pórovitost, vznik poškození dřevním cukrem, oprýskání pískových zrn, rozdíly v barevnosti
	1b	Prkna hoblovaná	Jemná kresba struktury dřeva, světlejší zbarvení než u 1a	Může dojít k poškození dřevním cukrem, odprýskání pískových zrn, rozdíly v barevnosti, normální tvorba pórů
	1c	Prkna s drážkou	Plastická struktura prken, znatelné póry a spáry mezi prkny, zbarvení jako u 1b	Výrony a otřepy ve spojích prken odpadávají. Normální tvorba pórů.
	2	Drenážní vložka	Síťový povrch, tmavá barva, rovnoměrná textura	Bez rozpoznatelných pórů, možný otisk záhybů fólie
	3 ²⁾	Dřevotřískové desky (povrchově neupravená překližka)	Lehce hrubý, tmavý, skvrnitý a silně savý povrch	Nízká tvorba pórů
<div>↓</div> <div>Méně savý</div>	4	Třívrstvé desky, povrchově zušlechtěné dřevo z jehličnanů, broušené	Nejčastěji používaný povrch bednicími deskami. Znatelná struktura dřeva, tmavý barva betonu s rostoucími obrátkami postupně světlá	S rostoucím počtem obrátek se ucpávají kapiláry v dřevní hmotě, což má za následek vznik pórů
	5	Třívrstvé desky, povrchově zušlechtěné dřevo broušené, kartáčované, lakované	Plastický otisk struktury desek včetně spojů mezi nimi, světlé zbarvení	Standartní tvorba pórů
	6	Překližka, úprava povrchu fenolovu pryskyřicí	Nejpoužívanější povrch rámového bednění. Jasný hladký povrch bez patrné textury	Standartní tvorba pórů
	7	Plastový povrch prvků	Hladký, světlý povrch	Tvorba malého počtu pórů s větší velikostí. Nemusíme použít separační prostředek
	8	Pryžové matrice	Díky matici může být hladký až silně strukturovaný	Důkladné utěsnění spojů matic. Tvorba pórů závislá na typu matrice.
	9	Desky z plastů, vrstvené desky s plastovým povrchem, fólie	Hladký, světlý povrch bez patrnější textury	Standartní tvorba pórů
	10 ³⁾	Ocelový plech, hliníkový plech s povlakem	Hladký, světlý povrch bez patrnější textury	Značná tvorba pórů, nebezpečí vzniku skvrn od rzi.

- 1) Pokud je bednicí plášť nový z povrchově neupraveného dřeva, hrozí chemická reakce mezi betonem a dřevem (výluh cukru). Při použití pro pohledový beton je nutno desky upravit vhodným separačním prostředkem, natřít cementovým mlékem nebo použít na méně exponované plochy betonu.
- 2) Silně savé povrchy bednění je nutno před betonáží vhodně opravit.
- 3) Hliníkové díly bez povrchové úpravy nelze jako bednění použít z hrozby alkalické reakce mezi povrchem bednění a betonem.

2.4.2. Separační prostředky

Separačními prostředky nazýváme prostředky, které nanášíme před betonáží na povrch bednění. Důvody aplikace těchto prostředků je snížení soudržnosti při odbedňování mezi povrchem bednění a povrchem betonu, zajištění požadované kvality povrchu betonu a ochrana bednění před předčasným opotřebením. Tyto prostředky se skládají se ze separačních složek (různých olejů a vosků), rozpouštědel (organických nebo na bázi vody) a látek pomocných (inhibitorů koroze, smáčedel, emulgátorů, zmýdelňujících látek a jiných chemicky aktivních složek).

2.4.2.1. Rozdělení separačních prostředků

- Minerální oleje – velice obtížně biologicky odbouratelné, prvotní produkty z destilace ropy, směsi vyšších uhlovodíků na bázi nafty a mazacích olejů a apod.
- Parařinové oleje - jsou řisté frakce olejů. Biologické odstranění říchto olejů je řředně obtížné. Rozdělují se na řisté bez rozpouřtředel a s rozpouřtředlem.
- Syntetické oleje - chemicky upravené řisté speciální oleje a jsou biologicky dobře odbouratelné.
- Rostlinné oleje nebo také upravené rostlinné oleje (řepkový olej nebo upravené směsi olejů rostlinného původu) – dělí se na rozpouřtředlové a řisté.
- Vodní emulze – nízkoviskozní emulze parařinových, syntetických, rostlinných olejů a vody.
- Vosky a pasty – tuhé pasty na bázi parařinových vosků. Dělíme je na řisté a rozpouřtředlové.

2.4.2.2. Volba separačních prostředků

Při rozhodování jaký separační prostředek použít je rozhodující aspekt savost pláště bednění, jakost povrchu pohledového betonu a podmínkách betonáže. Ve volbě separačního prostředku je řeba přihlédnout i k netechnickým hlediskům jako je řivotnost prostředí, hygienu práce a požární bezpečnost.

Užívání dlouhodobě jednoho separačního prostředku vykazuje tzv. “setrvačný efekt“. Tento efekt se vyjadřuje zachováním účinku předcházejícího separačního prostředku ještě po

několik cyklů, pokud při změně separačního prostředku nedojde k důkladnému odmaštění. Bez řádného odmaštění povrchu bednění dochází k odbedňovacím problémům. Hodnocení nově nasazeného separačního prostředku je možné až po 3 – 10 cyklech dle charakteru pláště bednění.

Pro savý povrch bedněního pláště vykazují velmi dobrou funkčnost separační prostředky s vyšší viskozitou bez rozpouštědel. Pokud použijeme separační prostředek rozpouštědlový, hrozí po odpaření rozpouštědla následné rychlé vsáknutí do pláště bednění a tvorbě příliš tenkého filmu, díky kterému se zhoršují separační vlastnosti prostředku. Při použití pláště bednění z prken může vhodně zvolený separační prostředek zmírnit vliv dřevního cukru na hydrataci betonu.

Tabulka č. 5 - Použití separačního prostředku dle typu pláště bednění

Poř. č. druhu pláště bednění dle tab. 1	Druh separačního prostředku				
	Separační oleje			Ostatní prostředky	
	Syntetické, parafinové a minerální oleje s rozpouštědlem s nízkou viskozitou	Syntetické, parafinové a minerální oleje bez rozpouštědla s nízkou viskozitou	Oleje na bednění s vyšší viskozitou	Separační emulze z rostlinných a minerálních olejů	Separační prostředky na bázi vosku a vody
1a,1b,1c,3	-	-	++	-	+
4	+	+	+	-	+
5, 6	++	++	-	0	0
8	0	-	-	0	0
7, 9	++	+	-	++	0
10	++	++	-	0	0

Legenda: ++ velmi vhodné, + vhodné, 0 nutno vyzkoušet na zkušební ploše, - nevhodné

Při použití nesavého povrchu bednění nedochází k vsáknutí separačního prostředku do pláště bednění. Z tohoto důvodu je důležité nanést separační prostředek rovnoměrně v tenké souvislé vrstvě. Pro tyto účely se hodí dobře roztíratelné prostředky o nízké viskozitě. Používáme bez rozpouštědlové ale i rozpouštědlové prostředky na bázi minerálních, syntetických ale i rostlinných olejů. Při použití rozpouštědlových separačních prostředků se po odpaření rozpouštědla na povrchu vytvoří stabilní separační film. Doba mezi nanesením separačního prostředku a ukládáním čerstvého betonu je tedy dána rychlostí odpařování rozpouštědla. Ocelové pláště bednění vyžadují pro zvýšení své životnosti a dosažení lepších betonových povrchů ochranu před účinky agresivních chemických látek a koroze.

2.4.2.3. Nanášení separačního prostředku

Jeden z důležitých kroků při přípravě bednění je správné nanášení separačních prostředků. Před samotným nanášením je důležité bednění dostatečně očistit. Způsob nanášení závisí na viskozitě. Viskóznější separační prostředky nanášíme nástřikem vysokotlakými přístroji a tuhé pasty a vosky pomocí špachtlí a následným rozetřením pomocí kartáčů nebo košťat. Velký význam při aplikaci separačního prostředku má nanesení správného množství. Pokud je separačního prostředku na povrchu bednění nedostatek, může při odbedňování beton na bednění ulpívat. Naopak při velkém množství se nám můžou na povrchu betonu objevit poruchy jako je tvorba pórů, vznik skvrn nebo vymývání jemných částic z povrchu, které mají za následek snížení odolnosti proti mrazu a působení solí. Při použití separačního prostředku s rozpouštědlem nebo emulzí je třeba mezi betonáží a nanesením. Během této doby se vypařuje rozpouštědlo z nanesené vrstvy.

2.4.3. Ošetřování pohledového betonu

Pro dosažení vysoké kvality pohledových ploch betonů je důležité správné ošetřování betonu. Klasické ošetřování betonu jako je přímé klopení nebo jeho zakrytí polyetylenovými fóliemi může způsobit vznik tmavých a světlých skvrn na povrchu betonu, které již časem nezmizí. Pokud ošetřujeme pomocí nástřikových prostředků, je třeba zvolit správné množství, které se musí během aplikace kontrolovat. Je ale třeba mít na paměti, že tyto nástřiky můžou mít za následek vznik skvrn a fleků a snížení adheze jakéhokoliv dalšího případného nátěru v budoucnosti. Při použití fólií k zakrytí betonové plochy, je třeba zajistit, aby bylo zabráněno proudění vzduchu mezi fólií a povrchem betonu, ale je třeba fólii umístit tak, aby nedocházelo k přímému kontaktu s povrchem betonu. Paradoxně se stává, že v běžných teplotních a vlhkostních podmínkách je nejlepší ošetřování nedělat vůbec nic. [4]

2.5. Finální povrchové úpravy betonu

Možnost finální úpravy betonových povrchů je velice rozmanitá. Různými technologickými postupy jsme schopni dosáhnout velice široké škály konečných úprav betonového povrchu. Samotného finálního vzhledu povrchu betonu dosahujeme regulováním vzhledových vlastností povrchu (barevnost, hladkost, hrubost, tvorba výstupků, rýh, důlků atd.). Abychom tyto vlastnosti mohli posoudit, je třeba stanovit si určitá kritéria (sytnost barvy, výška nebo hloubka důlků, šířka a délka rýhy, průměrná velikost zrn kameniva na povrchu atd.). Důležitým požadavkem na povrch pohledového betonu je určit z jaké dálky bude plocha

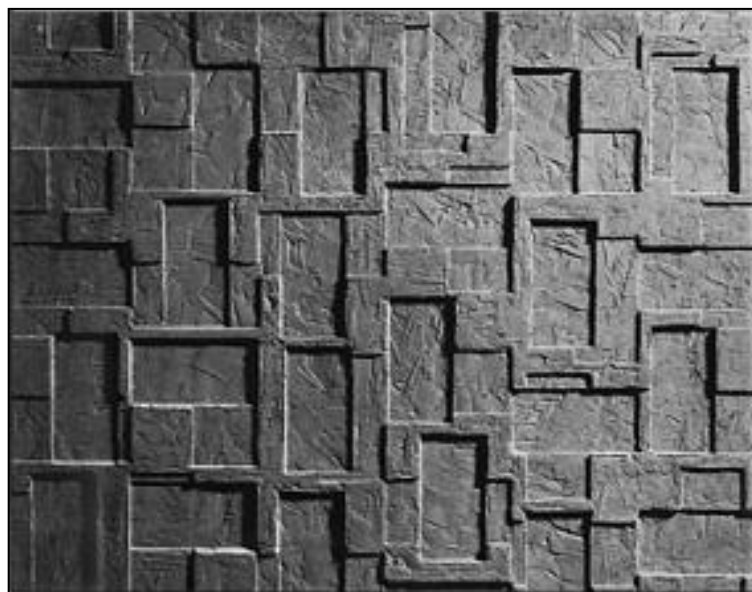
pozorována a tomu přizpůsobit návrh a provedení betonu. Během některých povrchových úprav odstraňujeme povrchové vrstvy betonu až do hloubky 10 mm. Tento fakt je třeba zohlednit při návrhu konstrukční výztuže a počítat s rozdílným krytím výztuže, od kterého se bude odvíjet i rozdílný výkres bednění a výkres výztuže. Výsledný možný vzhled tedy limituje jen kreativita architekta, designéra a projektanta a provedení technicky možného a finančně únosného provedení, na kterém je nezbytná úzká spolupráce s betonářem – technologem.

2.5.1. Úpravy povrchu nezatvrdlého povrchu

- Hlazení dřevěným, ocelovým nebo textilním hladítkem
- Škrábání a drásání
- Omývání vodou
- Vymývání/otryskání cementové matrice proudem vody do různé hloubky za účelem odkrytí jemného nebo hrubého kameniva
- Patinování povrchu betonu kyselinou
- Otisk tvarovaných reliéfních matric (pryžových, textilních, dřevěných atd.) vložených do bednění [4]

2.5.1.1. Povrch vytvořený pomocí reliéfních matric

Pro velice kvalitní strukturu betonových povrchů se používá technika vkládání matric do bednění. Tyto matrice jsou často vyrobeny z plastů nebo z elastického polyuretanu. Díky těmto matricím dokážeme vytvořit širokou škálu povrchových struktur betonu jak monolitického tak prefabrikovaného. Životnost matrice se pohybuje při správném zacházení okolo 100 cyklů. Nevýhodou těchto matric je vysoká pořizovací cena ta se pohybuje okolo 100 EUR za 1 m².



Obr. 6 - Betonový povrch vytvořený pomocí elastické polyuretanové matrice

2.5.1.2. Grafický beton

Mezi novodobé povrchové úpravy, prováděné v čerstvém betonu, se řadí grafický beton. Tato metoda nabízí široké možnosti užití na betonových fasádách budov a to díky velkému množství vzorům a designu. Díky této variabilitě je tato povrchová úprava betonu velice oblíbená jak u architektů, tak i investorů. Zároveň je velice obtížné zvládnout tuto technologii, a proto se také provádí zatím pouze, ve speciálních výrobních prefabrikátů.

Samotná metoda výroby grafického betonu je patentovaný vynález finského architekta Samuli Naamanka. Technologie výroby spočívá v nanesení zpomalovače tuhnutí na povrch membrány. Tento zpomalovač je nanesen běžnou bodovou (rastrovou) technologií na vhodnou membránu, která se vyznačuje velkou pevností a tuhostí, ale je možné nanášet tento zpomalovač i manuálně a to štětcem. Požadovaný vzor je na povrchu betonu vytvářen pomocí rozdílu mezi světlým hladkým povrchem cementové malty a exponovaným povrchem, z něhož vystupuje jemné kamenivo. Při kontaktu retardéru tuhnutí se záměsovou vodou dochází ke zpomalení (až úplnému zastavení) hydratace do určité hloubky. K odstraňování nezhydratovaného betonu dochází většinou na druhý den za pomoci proudu tlakové vody, díky čemuž se odhalí vnitřní struktura kameniva. Tímto postupem je možné vytvářet na povrchu betonu téměř libovolné grafické vzory. Výsledný efekt je možné ovlivnit výběrem, návrhem a velikostí vzoru. Další možnosti nám nabízí barevné provedení fasády. Barva lze

ovlivnit jak u surovin tvořící hladké neretardované plochy, zejména cement a písek, tak barvou užitého hrubšího kameniva. V neposlední řadě nám závisí výsledný vzhled povrchu betonu také na hloubce vymytí nezhydratovaného betonu.

Nosný film retardéru tuhnutí používaný pro grafický beton se vyrábí v šířce 3100 mm a téměř libovolné délce. Délka je pouze limitována váhou role, do které je membrána svinuta. Pro zefektivnění užívání této metody lze využít opakovatelnost vzorů a díky tomu se stane výroba membrány levnější. Nejzajímavější výsledky dostáváme při použití vzorů tvořených z předloh fotografií, kdy dosahujeme jedinečného designu. [7,8,9,10]

Obecný postup při aplikaci technologie grafického betonu ve formách:

- 1) Umístění membrány s naneseným retardérem do bednění (během tohoto kroku je velice důležité, aby byla membrána správně napnuta a nevytvořili se na ni přehyby, dále je nutné udržovat membránu čistou a suchou).
- 2) Odlévání betonu a hutnění betonu (odlévání probíhá na odlévacích postelích, beton by neměl být vrhán z velké výšky, aby nedošlo k posunutí membrány, při vibrování za pomoci ponorného vibrátoru je důležité udržovat dobrou vzdálenost od dna formy, aby nedošlo k poškození membrány).
- 3) Zatvrdnutí betonu (zpravidla tato část výrobního procesu trvá jeden den).
- 4) Zvednutí panelu, otočení do svislé polohy a odstranění membrány.
- 5) Vymytí nezhydratovaného betonu (pro dobrý výsledný efekt je dobré, když tuto operaci provádí zkušený pracovník a to z toho důvodu, že vymytí je nutno provést stejnou rychlostí, množstvím i tlakem vody).

Budova zemského archivu v Hämeenlinna (Hämeenlinna Provincial Archive)

Při výstavbě budovy Zemského archivu v Hämeenlinna v roce 2006 ve Finsku, byla použita technologie grafického betonu při výrobě fasádních panelů. Vzory požité na této budově byly převzaty z historických dokumentů, razítek a spisů nalezených v původním archivu, který již nevyhovoval požadavkům. U tohoto projektu byl použit obrácený proces, kdy bylo pozadí vymývané (retardované) a vzor vymýván nebyl. [11]



Obr. 7 – Pohled na připravenou formu vlevo a na hotový osazený panel vpravo



Obr. 8 – Detail povrchu grafického betonu



Obr. 9 – Pohled na celou budovu

2.5.2. Úpravy povrchu zatvrdlého betonu

- Ruční nebo strojní kamenické úpravy jako např. pemrlování, oťukávání, osekávání. Tyto úpravy vedou k odstranění povrchových vrstev v tloušťkách 4 až 10 mm.
- Hrubé a jemné broušení povrchu betonu ručním nebo strojním zařízením.
- Kartáčování
- Leštění ruční anebo strojní, včetně napouštění předem leštěného povrchu např. včelím voskem.
- Pískování povrchů betonu do různé hloubky za účelem odkrytí jemného nebo i hrubého kameniva.
- Máčení povrchu betonu roztokem kyseliny, kdy výsledný povrch je patinovaného vzhledu (podobný lehkému pískování).

- Opalování povrchu plamenem vysokých teplot, až 3000°C, kdy dochází k porušení povrchových vrstev do hloubky 4 až 8 mm, které následně opadají. [4]

2.5.2.1. Pískované povrchy

Technologie povrchové úpravy betonu se provádí na plochách, které zůstávají viditelné jak ve vnitřní tak i vnější části konstrukce. Pískování nejčastěji provádíme na površích, které byly vytvořeny litím betonu do bednění. Velice blízká technologii suchého pískování je technologie tryskáním (vodní pískování nebo tryskáním za pomoci kovových broků). Během pískování postupně odstraňujeme cementový kámen a odhalujeme strukturu bohatší na póry. Tím způsobíme, že výsledný povrch působí stejnoměrně matně.

Díky mělkému pískování odstraňujeme pouze tenkou prachovou vrstvu cementového kamene, ale neodhalujeme jednotlivá zrna kameniva. Barva a rozdíly v lesku se díky této technologii srovnají.



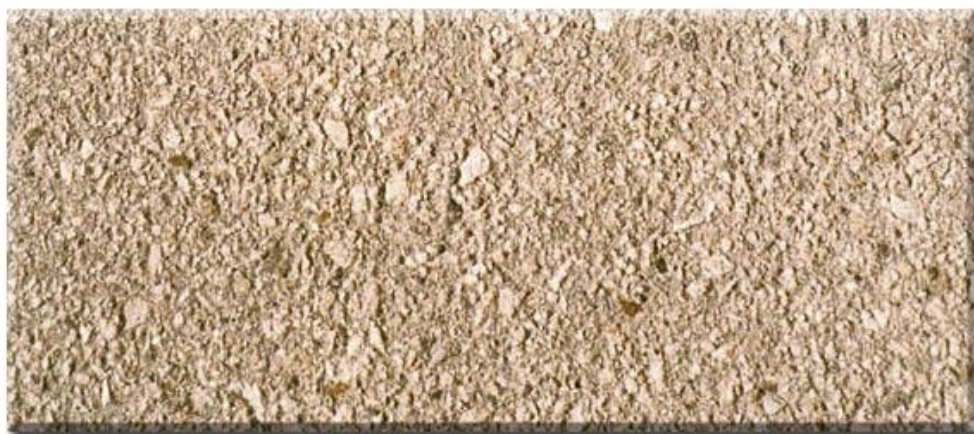
Obr. 10 – Mělkce pískovaný betonový povrch

Při středně hlubokém pískování, již odhalujeme jednotlivá zrna kameniva o průměru kolem 2 mm. Póry, které jsme během středně hlubokého pískování odhalili, splynou se strukturou povrchu betonu.



Obr. 11 – Betonový povrch upravený středně hlubokým pískováním

Hluboké pískování nám dokáže již odhalit velká zrna kameniva rovnoměrně po celém povrchu. Výhoda hlubokého pískování je v nadměrném opotřebování míst, kde bylo lokálně zvýšeno množství vody k cementu. Hloubku pískování stanovujeme pomocí tvrdosti a velikosti zrn kameniva v betonu.



Obr. 12 - Betonový povrch upravený hloubkovým pískováním

2.5.2.2. Kartáčování

Pokartáčovaný povrch je esteticky podobný povrchu pískovanému. Kartáčování betonového povrchu se provádí po několika dnech schnutí povrchu ocelovým kartáčem. Během kartáčování odstraňujeme tenkou vrstvu cementového kamene. Zrna kameniva použité v betonu musí být tak tvrdá, aby nedošlo k jejich poškrábání. Výsledný povrch kartáčovaného povrchu poté závisí na délce, hrubosti a svazku štětín použitého kartáče.



Obr. 13 – Pokartáčovaný betonový povrch

2.5.2.3. Leptané (patinované) povrchy kyselinou

Touto metodou opracováváme povrchy prefabrikovaných betonových dílců. Aplikace kyseliny probíhá tak, že tvrdý a vodou nasycený povrch betonového dílce ponoříme do nádrže s kyselinou. Poté dílec z nádrže vyjmeme a oplachujeme ho intenzivně velkým množstvím vody. Za pomoci kyseliny odstraňujeme z povrchu betonu malou vrstvu cementového kamene s jemnými složkami. Výsledný efekt je ten, že se nám odhalí hrubší složky kameniva. Hloubku, na kterou nám působí kyselina, lze ovlivnit kvalitou složek směsi, koncentrací kyseliny a dobou působení kyseliny na beton. Obvyklá hloubka působení kyseliny se pohybuje okolo 0,5 mm, ale je možno pomocí, již zmíněných možností, ovlivnit povrchy mělkí ale i hlubší.

Pokud používáme k finální úpravě betonu tuto metody, snažíme se vybírat kamenivo stejného mineralogického složení pro stejnoměrný estetický výsledek. Pokud tomu tak není, tak je třeba mít na paměti, že některé druhy kameniva mohou s kyselinou reagovat rychleji (např. vápenec) za vzniku nerovnoměrného opracování. [8]

2.5.2.4. Barevné leptání betonu

Tato metody povrchové úpravy betonů nám nabízí velice dobré výsledky. Vznik této metody spadá mezi 50. až 60. léta 20. století, kdy v USA byla poptávka po povrchové úpravě fádních šedých betonových povrchů. Unikátnost této metody spočívá ve vytvoření barevně a strukturně velice zajímavých ploch. Princip této technologie spočívá v nanesení roztoku vody,

kyseliny a anorganických (kovových) solí na betonový povrch, kde tento roztok reaguje s minerály v cementu (hydroxidem vápenatým) za vzniku barevného efektu. Tento efekt je způsoben vnikáním solí do naleptaného povrchu betonu. Probarvení betonu je trvalé a nelze ho mechanicky odstranit např. poškrábáním. Vzhledem k nerovnoměrné koncentraci cementového kamene v povrchové vrstvě betonu, dochází také k nerovnoměrnému probarvení. Tato nerovnoměrnost má za následek vznik žilkování a mramorování povrchu, které ještě umocní vizuální efekt. Výsledná barevnost závisí ale také na druhu kyseliny a použité anorganické soli, druhu cementu použitého v konstrukci, množství kyseliny a vody v roztoku, stáří plochy a uzavírání plochy po aplikaci kyselých roztoků. Tuto technologii lze použít jak při aplikaci v exteriéru, tak i v interiéru. Po aplikaci nátěru je třeba uzavřít povrch betonu, protože kyselina povrchově naleptá cementový kámen, aby zde mohly proniknout anorganické soli. Uzavření se provádí pomocí nátěru na bázi akrylátové, polyuretanové nebo epoxidové pryskyřice. [5]



Obr. 14 – Barevné leptání betonového povrchu podlahy

Postup aplikace:

- 1) Příprava povrchu: Z povrchu, na který bude aplikovaný nátěr, je třeba odstranit všechnu mastnotu, zbytky od lepidel a jiné nečistoty. Očištěnou plochu obrousíme vhodným brusným nástrojem a papírem. Lepší je použití broušení

za mokra, ale při použití tohoto druhu broušení je třeba důkladně odstranit vzniklou betonovou kaši.

- 2) Aplikace leptacího roztoku: Pro aplikaci na velké plochy je použit postřikovač a na detailní vzory a v okolí stěn štětec. Postřik aplikujeme krouživým způsobem a ihned po aplikaci vtíráme např. smetákem nebo hrubým kartáčem do povrchu. Pokud je požadován sytější odstín probarvení aplikujeme roztok znova po cca 3 hodinách.
- 3) Neutralizace: Povrch se oplachuje vodou a pro dosažení rychlejší neutralizace povrchu je možné použít roztok vody a jedlé sody. Neutralizační roztok aplikujeme pomocí postřikovače a ihned po aplikaci vtíráme do povrchu, stejně jako tomu bylo při postřiku leptacího roztoku. Pro dosažení lepšího stupně čistoty můžeme neutralizaci ještě jednou opakovat.
- 4) Ochrana povrchu: Na zneutralizovaný, vyčištěný a suchý povrch je třeba nanést uzavírající ochranný nátěr. Jako ochranný a pečecí nátěr se používají nátěry na bázi akrylátových pryskyřic.[6]



Obr. 15 – Obrazec vytvořený pomocí barevného leptání betonu

Při práci s touto technologií je třeba dbát na bezpečnost práce a používat ochranné prostředky, jelikož se jedná o práci s kyselinou. Dále je třeba přizpůsobit této technologii i pracovní nástroje, protože kyselina leptá kovy.

2.5.2.5. Povrchy Tadao Ando

Tento betonový povrch nese název dle svého tvůrce, kterým je japonský architekt Tadao Ando. Metoda výroby takového povrchu spočívá v ruční práci odborníků, kteří vytváří sametový povrch plochy stejnorodé kvality.

Prvním krokem pro výrobu takového povrchu je omývání kyselinou chlorovodíkovou, která je ředěna v poměru 1:8. Následuje oprava příliš velkých pórů cementovou maltou, která obsahuje světlý písek, bílý cement a normální cement v poměru 3,5:0,5:1. Aby bylo zajištěno dokonalé přilnutí, je opravované místo natřeno vhodným adhezním můstkem. Jako poslední krok je povrch natírán směsí bílého a šedého cementu v poměru 1:5 a ještě vlhký je omýván kyselinou chlorovodíkovou ředěnou v poměru 1:10. [8]

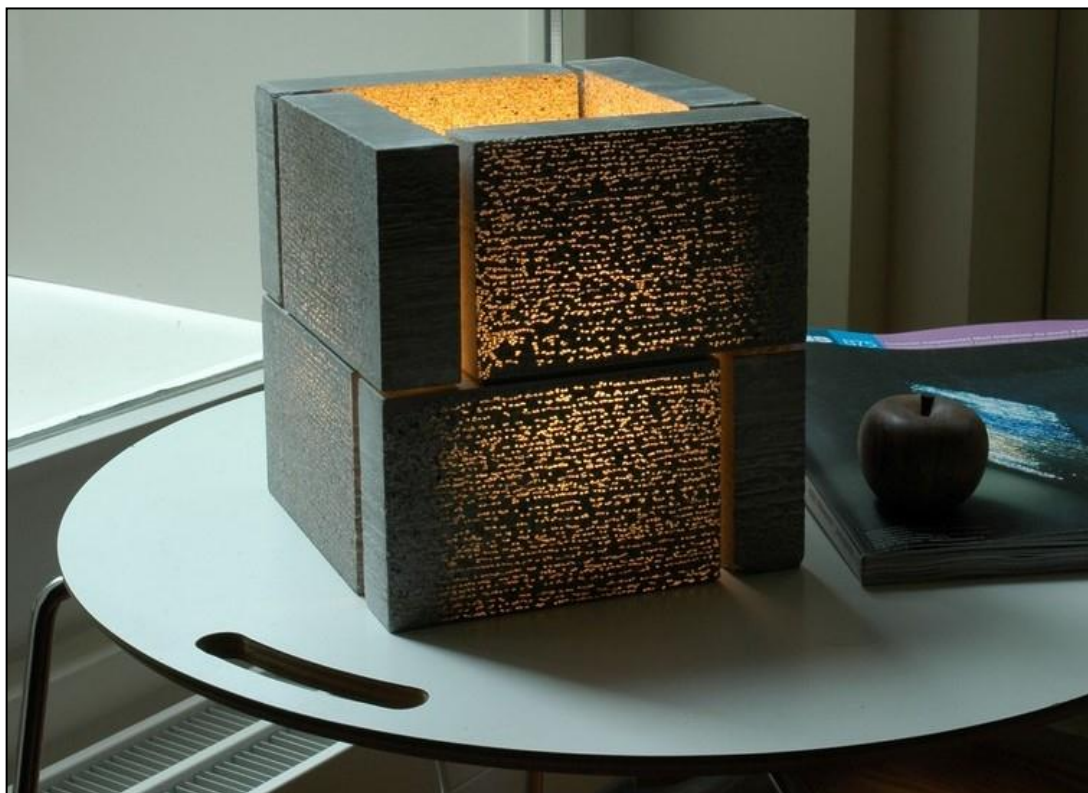
2.5.2.6. LiTraCon (Light-Transmitting Concrete – průsvitný beton)

V roce 2001 vynalezl maďarský architekt Áron Losonczy novou technologii pro výrobu betonu, ve které zbořil mýtus o betonu jako tmavém, těžkém a neprůhledném materiálu. Nový materiál LiTraCor je kombinací betonu a skla, které propouští, pro jinak neprůsvitný beton, světlo. Základními složkami jsou tedy skelná vlákna a jemnozrnný beton. Před objevením této metody byla snaha vyrobit průsvitný nebo průhledný beton za pomoci vkládání skleněných prvků popřípadě jiných materiálů do betonu. Ovšem v případě tohoto nového materiálu vycházíme z koncepce dokonalého smísení skelných vláken s betonovou kaší, kdy se stávají součástí podobně jako kamenivo. Výsledný produkt je zcela homogenní materiál, jak ve vnitřní části, tak na povrchu. Tato homogenita je zajištěna pomocí nízkého obsahu skelných vláken v materiálu cca 4 % z celkového objemu a velice malých rozměrů samotných vláken.

Průsvitnost je tedy zajištěna díky skelným vláknům, které vedou světlo samotným betonem mezi dvěma odvrácenými plochami, zároveň jsou vlákna schopna zachovat světlu barvu. Vlákna jsou uspořádána paralelně a vedou světlo ze strany osvětlené na stranu neosvětlenou. Díky tomu jsou zachovány ostré obrysy stínů na osvětlené straně, které se projeví jako tmavý objekt na straně tmavší. Touto technologií je možno vytvořit i několik metrů tlustou zeď bez výrazných ztrát světla.

Vzhledem k vysoké pracnosti výroby tohoto materiálu se vyrábí především prefabrikované stavební dílce. Dosavadní výsledky poukazují na fakt, že skelná vlákna nemají

negativní vliv jak na pevnost betonu v tlaku, tak na pevnost betonu v ohybu a díky tomu se dá tento materiál použít i pro nosné konstrukce. Při výrobě prvních prefabrikovaných panelů z tohoto materiálu se dosáhlo pevnosti v tlaku 32 – 49 MPa při objemové hmotnosti 2400 kg/m³. [12,13]



Obr. 16 – Lampa zhotovená technologií LiTraCon

Příklad realizace projektu, ve kterém bylo použito materiálu LiTraCon je tzv. „Fruangenský kostel“. Při realizaci této stavby byly vyrobeny dílce o větších rozměrech.



Obr. 17 - Fruangenský kostel ve Stockholmu

2.5.3. Údržba povrchů betonů během jejich stárnutí

Během stárnutí betonové plochy se může měnit vzhled pohledového betonu. Mezi hlavní důvody této změny je působení prachu, deště (chová se jako hladová voda), zarůstání mechem a jinými rostlinami, které zapouští své kořeny do betonové plochy a tak ji narušují, nebo úniky vápna. Díky stárnutí ovšem betonový povrch získává postupně patinu. Údržbu betonového povrchu je třeba plánovat s údržbou celého objektu. Mezi údržbu můžeme zařadit čištění povrchů a jejich krycí vrstvy (např. proudem tlakové vody) nebo plánovanou obnovu celé krycí vrstvy. [8]

3. PRAKTICKÁ ČÁST

3.1. Cíl práce

V dnešní době existuje již velká škála finálních povrchových úprav architektonických betonů. Díky těmto povrchovým úpravám může být dosaženo esteticky kvalitních povrchů betonu. Tyto metody jsou použitelné nejen pro výrobu monolitických nebo prefabrikovaných konstrukcí, ale také pro výrobu interiérových dekorativních prvků.

V posledních letech se mezi novou progresivní technologií úpravy betonových povrchů řadí betonový povrch vytvořený pomocí technologie grafického betonu s částečně vymytým povrchem. Tato technologie se zatím aplikuje pouze při vodorovné betonáži obkladových desek a panelů. Pro využití této metody úprav betonových povrchů na monolitické stěny zatím není dostatek zkušeností a podkladů.

Cílem práce je experimentálně ověřit vytváření kvalitních reliéfů technologií grafického betonu a navrhnout vhodné složení vibrovaných a samozhutnitelných betonů. Takto navrženou betonovou směs odzkoušet při svislém letí betonu do formy s připraveným grafickým motivem na bednění a tím částečně demonstrovat monolitickou betonáž.

3.2. Metodika práce

Betonová plocha vytvořená pomocí technologie grafického betonu má spolu s dobrými technickými vlastnostmi betonu i výborné vlastnosti estetické. Cílem bylo najít vhodný postup a ověřit jej na formě, která by demonstrovala monolitickou stěnu. Pro tyto účely byla vyrobena forma o rozměrech 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t, kde: š-šířka formy, v- výška formy, t – tloušťka formy). Na tuto formu byl různými postupy nanášen zpomalovač tuhnutí. Pro optimalizaci pracovního postupu byly využívány i formy menší o rozměrech 400 x 400 x 50 mm (š x v x t), na kterých byly prováděny dílčí zkoušky a po jejich vizuálním zhodnocení byly výsledky aplikovány na formě velké. Pro výrobu složitějšího vzoru byla forma o rozměrech 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t) upravena pro použití při vodorovné betonáži desky, na které byl aplikován složitější vzor s množstvím detailů.

3.2.1. Postup při výrobě grafického betonu

- aplikace zpomalovače tuhnutí na bednění

- sestavení formy pro betonáž
- navážení složek pro danou navrženou směs
- navlhčení míchačky s nuceným oběhem typu Coufal
- dávkování sypkých složek do míchačky, přidání poloviny vody a po částečném promíchání byl dolit zbytek záměsové vody spolu s přísadami (přičemž minimální doba míchání činila 3 – 4 minuty)
- po vyprázdnění míchačky byla zvolená forma plněna namíchaným betonem
- následovalo vibrování ponorným vibrátorem Tremix od firmy NorWit, s.r.o. nebo vibrování pomocí vibračního stolku s horizontální vibrací a jeho spuštění při 3000 ot./min a amplitudou 0,3 mm
- po 24 hodinách byl beton odformován a plocha vymyta tlakovou vodou z vysokotlakého čističe nebo pouze vodou o běžném tlaku ve vodovodní přípojce
- provedení vizuálního zhodnocení výsledné betonové plochy.

3.2.2. Použité suroviny

Cement

Pro všechny receptury byl použit portlandský cement CEM I 42,5 R od společnosti Českomoravský cement a.s., závod Mokrý.

Kamenivo

Kamenivo frakce 0 – 4 mm byl těžený písek z lokality Žabčice. Pro frakci 4 - 8 mm bylo použito těžené kamenivo z lokality Náklů nebo drcené kamenivo z lokality Olbramovice. Pro frakci 8 – 16 mm bylo použito drcené kamenivo z lokality Olbramovice. Jako lehké kamenivo byl použit keramzit frakce 1 – 4 mm o sypané hmotnosti 500 kg/m³ a 4 – 8 mm o sypané hmotnosti 350 kg/m³ od firmy Lias Vintířov, LSM, k.s.

Záměsová voda

Pro všechny receptury byla použita pitná voda z vodovodní přípojky.

Přísady

Na výrobu betonů byla použita superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035 a přísada pro redukci tvorby dutinek a pórů Sika PerFin – 300 od firmy Sika CZ s.r.o, Česká republika.

Příměsi

Pro zvýšení množství jemných částic ve směsi byla použita struska Cemex a mikromletý vápenec Carmeuse 7. Dále byly použity barevné pigmenty od společnosti PRECHEZA a.s.

Zpomalovač tuhnutí

Zpomalovače tuhnutí byly použity od firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. z řady Rheoface 460 a od německé firmy Hebau GmbH z řady CSE Deactivator.

Voda na vymytí povrchu

K vymývání betonového povrchu byla použita hadice s pistolí napojená na přípojku vodovodního řádu anebo zvýšeného tlaku z vysokotlakého čističe Makita HW 101.

3.2.3. Vyhodnocení vzhledu betonové plochy

Beton, který byl použit na výrobu grafického betonu, nebyl zkoušen na žádné fyzikálně mechanické vlastnosti. Jediné hodnocené výsledné kritérium byl vzhled grafického vzoru na betonové desce. Pro zhodnocení plochy byly rozhodující přechody mezi plochou nevymytou a plochou obnaženou vymytím a ostrost tohoto ohraničení.

3.3. Betonáž do svislých forem

3.3.1. Tvorba vzoru pomocí samolepící pásky

Pro betonáž desky, která byla použita pro výrobu vzoru pomocí samolepící pásky, byla použita forma o rozměrech 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t). Na čelní stěnu formy byly nanесeny zpomalovače tuhnutí od firmy Hebau GmbH a to tak, že na jednu polovinu byl použit zpomalovač CSE Deactivator 25 yellow s hloubkou vymytí 2,0 mm a na druhou polovinu CSE Deactivator 50 pink s hloubkou vymytí 2,5 mm, viz. obrázek 18.



Obr. 18- Pohled na bednění se 2 typy zpomalovačů

Zpomalovač tuhnutí byl před betonáží ponechán na formě 24 hodin. Po 24 hodinách byla nalepena na plochu, na které byl nanesený zpomalovač tuhnutí, samolepící páska, která měla na vybraných místech zamezit styku betonu se zpomalovačem. Beton byl ukládán ve 3 vrstvách a každá vrstva byla vibrována pomocí ponorného vibrátoru.

Po 24 hodinách byla deska odformována a vymyta proudem vody z vodovodního řádu za pomoci lehkého narušování kartáčem. Na obrázku 19 je viditelný povrch s různou hloubkou vymytí na betonové desce. Na pravé půlce je hloubka vymytí 2 mm a na půlce levé je hloubka vymytí betonu 2,5 mm.



Obr. 19 – Betonová deska s hloubkou vymytí 2,5 mm na levé půlce a 2,0 mm na pravé půlce desky



Obr. 20 – Detail místa, kde došlo k zatečení betonu pod samolepící pásku

Tabulka 6 – Složení vibrovaného betonu

Složka		Hmotnost [kg/m ³]
CEM I 42,5 R Mokrý		400
Kamenivo	0 - 4 mm Žabčice	1007
	4 - 8 mm Olbramovice	366
	8 - 16 mm Olbramovice	476
Voda		150
Superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035		6,24 (1,56 % z m _c)

Během vibrace betonu došlo k zatečení betonu na některých místech pod samolepící pásku, což mělo za následek porušení požadovaného vzoru vymývaného betonu. Toto zatečení se objevilo jen na malých plochách. Použití této metody při realizaci grafického betonu je vcelku zdařilé, ale vzhledem k rozměrům samolepící pásky je tvorba vzorů značně omezená. Při pohledu ze vzdálenosti větší než 5 m jsou přechody mezi vymytou a nevymytou plochou dostatečně zřetelné. Pokud nedošlo k již zmíněnému zatečení betonu pod samolepící pásku, tak ostrost přechodu také dostačovala vizuálním požadavkům.



Obr. 21 – Detail místa poškozeného zatečením betonové směsi pod samolepící pásku

3.3.2. Betonáž ve vrstvách při použití samolepící tapety s grafickým vzorem

Pro tuto betonáž byly oba povrchy formy o rozměrech 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t) použity jako pohledové.

Na celou první plochu byly aplikovány zpomalovače tuhnutí od firmy Hebau GmbH a to tak, že na dolní polovinu byl nanesen zpomalovač CSE Deactivator 25 yellow s hloubkou vymytí 2 mm a na horní polovinu CSE Deactivator 50 pink s hloubkou vymytí 2,5 mm. Poté zpomalovač schnul na bednění po dobu 3 hodin. V dalším kroku byly na formu nalepeny vytvořené vzory ze samolepící tapety. Použity byly tapety Oracal 641 a FasCal Avery. Vzory byly vytvořeny výřezem a výstřihem ručně z tapety.



Obr. 22 – První plocha bednění připravená k sestavení formy

Zbytky z výřezů byly nalepeny na druhou stranu bednění a poté přetřeny zpomalovači tuhnutí Hebau GmbH CSE Deactivator 25 a CSE Deactivator 50. V levém dolním rohu formy byl aplikován zpomalovač tuhnutí BASF Rheoface 460/10 s hloubkou vymytí 1,5 mm. Na této straně bednění zpomalovače tuhnutí schnuly po dobu 2 hodin. Po jejich zaschnutí byla odstraněna tapetovací fólie.



Obr. 23 – Druhá plocha formy připravená k betonáži

Betonová deska byla tvořena z 3 samozhutnitelných betonů, které se lišily pouze použitým pigmentem. Ve všech případech byl pigment dávkován v množství 5 % z množství cementu. Forma byla plněna po třetinách. V první třetině byl použit beton s červeným pigmentem, ve druhé třetině s pigmentem žlutým a v třetí třetině beton s pigmentem zeleným. Z každé vrstvy byl vypuzen vzduch za pomoci úderů gumové paličky na formu.

Tabulka 7 – Složení barevného samozhutnitelného betonu

Složka		Hmotnost [kg/m ³]	Poznámka
CEM I 42,5 R Mokrý		430	-
Kamenivo	0-4 Žabčice	1121	-
	4-8 Náklo	259	těžené
	8-16 Olbramovice	345	drcené
Voda		185	-
Vysokopeční struska		120	-
Pigmenty od firmy Precheza a.s.		21,5	5 % z množství cementu
Superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035		6,11	1,42 % z množství cementu

Po 24 hodinách byl beton odformován a vymýván povrch, který byl v kontaktu se zpomalovačem tuhnutí. Při grafickém návrhu došlo k chybě a výsledný nápis byl zrcadlově převrácený. Povrch byl vymýván co nejsilnějším proudem vody z vodovodního řádu a lehce narušován kartáčem. Bohužel nebylo dosaženo dost ostrých obrazů písmen a vzorů. Většina písmen byla nečitelná nebo velice špatně rozpoznatelná. Na tom se podílel i fakt, že díky

pigmentu nevystoupila vizuálně tak dobře exponovaná plocha. Jelikož během plnění formy v 3 vrstvách následovala pauza asi cca 5-10 minut mezi ukládáním další vrstvy, docházelo při dalším ukládání k pohybu betonu a tím i rozmazávání vzorů na bedněni.

Po odbednění a odstranění nalepené tapety na povrchu formy bylo zjištěno, že nedošlo k zatečení pod nalepenou tapetu. Výjimka byla pouze čísla, která byla vytvořena pomocí tapety FasCal Avery, která je pro toto užití tedy naprosto nevhodná.

Při výrobě této desky bylo zjištěno, že je velmi důležitá jak doba schnutí zpomalovače tuhnutí, tak způsob ukládání. Během ukládání docházelo k odlučování vody ze samozhutnitelného betonu.



Obr. 24 - Přední plocha betonu po odformování vlevo a plocha formy po odformování vpravo



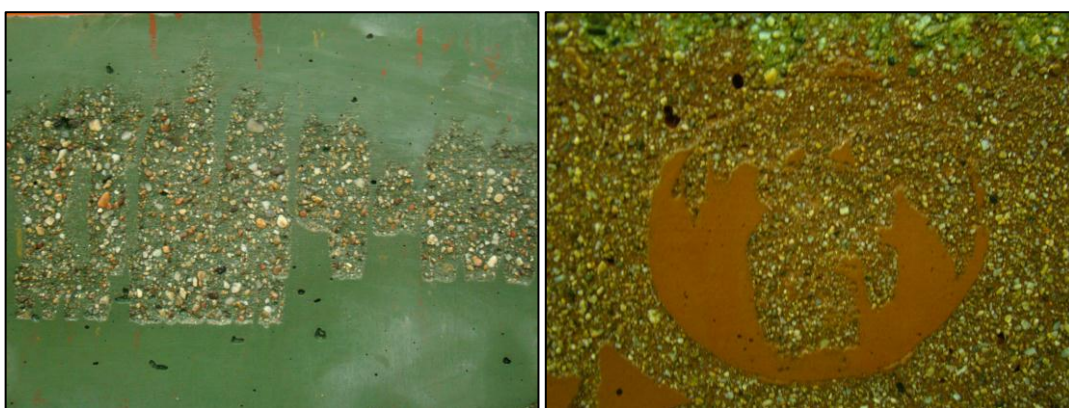
Obr. 25 – Vlevo zadní odbedněná plocha betonu a pohled na bednění vpravo



Obr. 26 – Vlevo přední plocha desky, vpravo zadní plocha desky



Obr. 27 – Detail zatečení pod fólií na bedněni vlevo a detail čísla po vymytí vpravo



Obr. 28 – Detail poškození nápisu vlevo a detail poškození vzoru vpravo

3.3.3. Vliv doby schnutí zpomalovače na výsledný vzhled vymývaného betonu

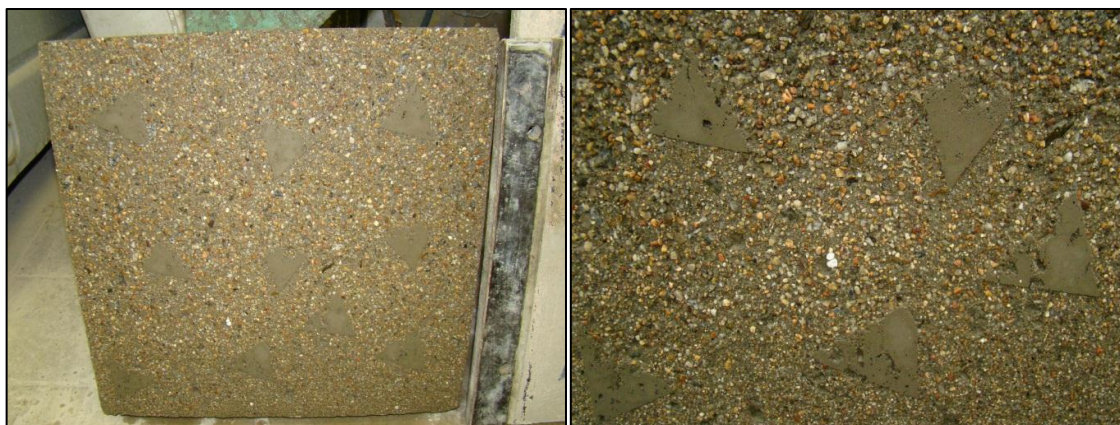
Během betonáže desky skládající se ze tří samozhutnitelných betonů nebylo dosaženo požadovaného výsledku. Jako jedna z možných příčin vzniku špatného vzhledu mohla být nedostatečná doba schnutí zpomalovače tuhnutí na bedněni. V tomto pokusu byla zjišťována optimální doba schnutí pro vytvoření kvalitního reliéfu. Pro tuto betonáž byly použity dvě svislé deskové formy o rozměrech 400 x 400 x 50 mm (š x v x t). U forem byl nanesen na obě plochy zpomalovač tuhnutí v různých časech a byl zjišťován optimální čas pro schnutí zpomalovače tuhnutí. Použit byl pouze jeden zpomalovač tuhnutí a to zpomalovač tuhnutí CSE Deactivator 50 pink s hloubkou vymytí 2,5 mm od firmy Hebau GmbH. Tento zpomalovač tuhnutí byl nanesen v čase 30, 90, 150 a 210 minut před betonáží na plochu formy. Vymývaný vzor byl vytvořen pomocí samolepící tapety, která byla nalepena na formu ještě před nanesením zpomalovače tuhnutí. Po nanesení zpomalovače tuhnutí byla samolepící tapeta odstraněna a tak docíleno ostrého přechodu mezi plochou formy, na které zpomalovač

tuhnutí byl nanesen, a na které nanesen nebyl. Pro obě formy byl použit beton následujícího složení:

Tabulka č. 8 – Složení betonu pro zkoušku doby schnutí zpomalovače tuhnutí pro obě desky

Složka		Hmotnost [kg/m ³]
CEM I 42,5 R - Mokrý		360
Kamenivo	0 - 4 mm Žabčice	910
	4 - 8 mm drcené Olbramovice	180
	8 - 16 mm drcené Olbramovice	680
Superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035		3,8 (1,06 % z m _c)
Mikromletý vápenec		60
Množství vody		157

Formy byly plněny ve dvou vrstvách a vibrovány pomocí ponorného vibrátoru. Desky byly odformovány po 24 hodinách. Po odformování byla část plochy, na které byl zpomalovač tuhnutí, vymyta a porovnávána kvalita reliéfu při různém času schnutí zpomalovače tuhnutí. Po porovnání kvality jednotlivých ploch bylo dosaženo závěru, že s rostoucí dobou schnutí zpomalovače tuhnutí bylo dosaženo méně vad vzorů, jak co do kvality jednotlivých vzorů, tak do množství vadných vzorů. Při 210 minutách schnutí zpomalovače tuhnutí bylo docíleno nejostřejšího přechodu mezi plochou vymytou a plochou nevymytou.



Obr. 29 – Vlevo vymytý povrch plochy, na které schnul zpomalovač 30 minut, vpravo detail plochy s nedokonalostmi reliéfu



Obr. 30 – Vlevo povrch plochy, na kterém schnul zpomalovač tuhnutí 90 minut, vpravo detail plochy s nedokonalostí vzoru



Obr. 31 – Vlevo povrch plochy, na kterém schnul zpomalovač tuhnutí 150 minut, vpravo detail plochy s nedokonalostí vzoru



Obr. 32 – Vlevo povrch plochy, na kterém schnul zpomalovač tuhnutí 210 minut, vpravo detail plochy s kvalitním vzorem vzoru

3.3.4. Zkouška tvorby vzorů

Účelem tohoto pokusu bylo vyzkoušet a porovnat různé technologie vytváření grafického betonu pomocí tapet nalepovaných na bednění. Během pokusu byla použita jedna svislá forma o rozměrech 400 x 400 x 50 mm (š x v x t). Jako zpomalovač tuhnutí byl použit zpomalovač CSE Deactivator 50 pink s hloubkou vymytí 2,5 mm od firmy Hebau GmbH. Vzor na první ploše byl vytvořen následovně:

- 1) Na čistou a suchou plochu byly nalepeny různé vzory ze samolepící tapety. Vzory byly tvořeny libovolným stříháním z role samolepící tapety.
- 2) Po pečlivém nalepení odstrižků ze samolepící tapety byl na povrch bednění i povrch tapety nanесena souvislá vrstva zpomalovače tuhnutí.
- 3) Po 24 hodinách schnutí zpomalovače tuhnutí byl vytvořen vzor pomocí odlepení tapet s přechodem mezi částí bednění, kde byl aplikován zpomalovač tuhnutí a kde aplikován nebyl.



Obr. 33 – Připravená plocha bednění pomocí první metody



Obr. 34 – Vymytá betonová plocha desky, na které byl vzor vytvořen pomocí první metody

Na druhé ploše formy byl grafický vzor vytvořen následovně:

- 1) Plocha formy byla předem dobře očištěna a vysušena. Na celou plochu byla nanесena souvislá vrstva zpomalovače tuhnutí a ponechána 24 hodin schnout.
- 2) Po zaschnutí byly na plochu nalepovány ústřížky z role samolepící tapety. Díky tomu byl vytvořen vzor, který byl tvořen přechodem mezi plochou, na které byl nanесen zpomalovač tuhnutí a plochou nalepené tapety.



Obr. 35 – Plocha bednění, na které byl vytvořen vzor pomocí druhé metody



Obr. 36 – Vymytá betonová plocha, na které byla použita druhá metoda pro výrobu vzoru

Po přípravě obou ploch bednění byla forma sešroubována a plněna samozhutnitelným betonem následujícího složení:

Tabulka č. 9 – Složení samozhutnitelného betonu pro zkoušku tvorby vzorů

Složka		Hmotnost [kg/m ³]
CEM I 42,5 R - Mokrý		380
Kamenivo	0 - 4 mm Žabčice	890
	4 - 8 mm těžené Nákló	263
	8 - 16 mm drcené Olbramovice	520
Superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035		4,5 (1,18 % z m _c)
Mikromletý vápenec		120
Množství vody		178

Po 24 hodinách byla betonová deska odformována a vymyta proudem tlakové vody z vysokotlakého čističe. Povrchy desky byly pak mezi sebou vizuálně porovnávány. Po vizuálním zhodnocení bylo zjištěno, že obě metody lze použít pro výrobu grafického vzoru. Na obou plochách byly zřetelně viditelné předem vytvořené vzory.

3.3.5. Tvoření reliéfů pomocí samolepících tapet

Pro tuto betonáž byla použita velká stojatá svislá forma o rozměrech 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t). U předchozích pokusů bylo zjištěno, že zásadní vliv na kvalitu reliéfu má doba schnutí zpomalovače tuhnutí.

Na jednu polovinu bednění byl nanesen odbedňovací přípravek Sika TR5 na bázi rozpouštědlových parafrinových vosků, nalepena samolepící tapeta a poté nanesen zpomalovač tuhnutí CSE Deactivator 50 pink s hloubkou vymytí 2,5 mm Hebau GmbH na celou plochu formy. Po zaschnutí zpomalovače tuhnutí byly nalepeny zbylé ústřížky ze samolepící tapety.



Obr. 37 – Vlevo první plocha formy, vpravo druhá plocha formy

Při přípravě druhé plochy byl nanesen na celou plochu odbedňovací přípravek Sika TR5. Na horní polovině plochy byl nanesen zpomalovač tuhnutí BASF Rheoface 460/25 s hloubkou vymytí 2,5 mm a na dolní polovině byl nanesen zpomalovač tuhnutí Hebau GmbH CSE Deactivator 50 pink s hloubkou vymytí 2,5 mm. Po zaschnutí byly pomocí oboustranné samolepící pásky přilepeny dva fotografické papíry formátu A4, na které byl nanesen zpomalovač tuhnutí Rheoface 460/25 s hloubkou vymytí 2,5 mm pomocí souřadnicového zapisovače. Po zaschnutí zpomalovačů byly na tuto plochu nalepeny samolepící tapety pro vytvoření vzorů.

Po přípravě ploch formy byla forma sestavena dohromady. Forma byla plněna betonem ve 3 vrstvách a každá vrstva byla vibrována pomocí ponorného vibrátoru. Beton byl ponechán ve formě 24 hodin a po tomto čase byla forma rozebrána a pomocí vysokotlakého čističe vymyta betonová plocha, na kterou působil zpomalovač tuhnutí. Po vymytí bylo provedeno vizuální zhodnocení.

Pro tuto desku jsme použili beton následujícího složení:

Tabulka č. 10 – Složení vibrovaného betonu

Složka		Hmotnost [kg/m ³]
CEM I 42,5 R - Mokrý		360
Kamenivo	0 - 4 mm Žabčice	910
	4 - 8 mm drcené Olbramovice	180
	8 - 16 mm drcené Olbramovice	680
Superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035		3,8 (1,06 % z m _c)
Mikromletý vápenec		60
Množství vody		157

Vzory na první ploše desky byly velice špatné kvality. Při plnění formy docházelo k poškození vzoru padajícím betonem.



Obr. 38 – První plocha desky po vymytí



Obr. 39 – Druhá plocha desky po vymytí

Na druhé ploše došlo také k poškození vzoru padajícím betonem. V místech, kde byl použit odbedňovací přípravek Sika TR5 a zpomalovač tuhnutí BASF Rheoface 460/25 byla plocha nejhorší. Tato kombinace zapříčinila buď vymytí do nepřijatelné hloubky, nebo k vymytí vůbec nedocházelo. Použití zpomalovače tuhnutí naneseného na fotografický papír se ukázalo také jako špatné. Požadované vymytí bylo dosaženo pouze na ploše, pod kterou byla oboustranná samolepící páska.

Deska, která vznikla při této betonáži, byla ze všech po vizuální stránce nejhorší. Příčina může být ve špatné volbě odbedňovacího prostředku, nedostatečné vrstvě zpomalovače tuhnutí nebo v špatném plnění formy.

3.4. Výroba složitějších grafických vzorů

3.4.1. Vzor vyrobený strojním nanesením zpomalovače tuhnutí na nosič

Jedním z dalších použitelných postupů pro výrobu grafického betonu je nanesení zpomalovače tuhnutí na nosič, který poté vložíme do bednění. Jako nosič pro tuto betonáž nám posloužil hydrofobizovaný fotografický papír o gramáži 230 g/m^2 . Do bednění byl tento fotografický papír umístěn pomocí oboustranné samolepící pásky. Bylo použito vodorovné

bednění o rozměrech 300 x 300 x 50 mm (a x b x v, kde: a, b – rozměry vodorovné plochy formy, v – výška formy). Pro vytvoření vzoru byl použit zpomalovač tuhnutí Rheoface 460/25 od firmy BASF s hloubkou vymytí 2,5 mm. Tento zpomalovač tuhnutí byl zvolen z důvodu menší viskozity, která se ukázala jako jedna ze zásadních vlastností při aplikaci na nosič. Nanesení zpomalovače tuhnutí na fotografický papír bylo provedeno strojově pomocí souřadnicového zapisovače. Tento souřadnicový zapisovač byl upraven a místo psacího pera osazen injekční stříkačkou s vhodnou tloušťkou jehly. Vzor byl vytvořen v grafickém programu Corel Draw a poté převeden do souřadnicového systému. Tento papír byl nalepen do formy pomocí oboustranné samolepící pásky. Po přípravě formy byla forma naplněna betonem. Po 24 hodinách byla betonová deska odformována a vymyta tlakovou vodou. Po vymytí bylo provedeno vizuální zhodnocení. Pro tuto betonáž byl použit samozhutnitelný beton o následujícím složení:

Tabulka č. 11 – Složení samozhutnitelného betonu pro vodorovnou betonáž

Složka		Hmotnost [kg/m ³]
CEM I 42,5 R - Mokrý		380
Kamenivo	0 - 4 mm Žabčice	890
	4 - 8 mm těžené Náкло	263
	8 - 16 mm drcené Olbramovice	520
Superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035		4,5 (1,18 % z m _c)
Mikromletý vápenec		120
Množství vody		178

Volba připevnění pomocí oboustranné samolepící pásky se ukázala jako nevhodná a to z toho důvodu, že se objevily na povrchu její linie ve dvou vodorovných čarách. Bylo by lepší upevnit tento papír do formy jiným způsobem např. pomocí vodovzdorného lepidla naneseného celoplošně na papír. Požadovaný obrazec byl zřetelný, ale je třeba volit obrazce větší s jednotlivými čarami dále od sebe, aby byl vzor ještě zřetelnější. Tato metoda umožňuje vytvořit velkou škálu liniových vzorů. Z důvodu konstrukce souřadnicového zapisovače a technologie nanášení nelze tvořit jednotlivé body, ale pouze linie. Pro tvorbu bodů by bylo třeba zapisovač upravit nebo zvolit jinou metodu nanášení. Pro dosažení lepšího vizuálního efektu by bylo dobré zvětšit celý vzor a přenést ho na větší plochu nosiče a použít větší formu. Konstrukce použitého zapisovače umožňuje nanášet zpomalovač pouze na formát papíru A4.



Obr. 40 – Vymytý vzor vytvořený pomocí zpomalovače tuhnutí naneseného na fotografický papír

3.4.2. Betonáž složitého grafického vzoru

Po zkušenostech z předcházejících pokusů byla vyrobena deska se složitějším vymývaným vzorem. Pro tento účel byl do samolepící tapety vyřezán firmou Kompakt VM s.r.o. složitý vzor široký 550 mm a vysoký 950 mm. Vzhledem k složitosti tohoto vzoru byla vyrobena deska, která byla plněna ve vodorovné poloze.

Na celou plochu formy byla důkladně nanесena souvislá vrstva zpomalovače CSE Deactivator 50 pink od firmy Hebau GmbH s hloubkou vymytí 2,5 mm a ponechána 24 hodin zaschnout. Samolepící tapeta byla nanесena na plochu bednění pomocí přenosové fólie. Nalepení tapety se ukázalo jako klíčové pro vzhled, jelikož každá chyba během nalepení se promítne do výsledného vzhledu desky. Mezi chyby vzniklé při nalepení patří protrhnutí tapety a vznik ohybů nebo vzduchových bublinek. Po nalepení tapety a úpravě jednotlivých chyb vzniklých při nalepení byla forma sestavena. Pro betonáž této desky byl použit lehký

beton z lehkého kameniva keramzit od firmy Lias Vintířov, LSM, k. s. známé pod obchodním názvem Liapor. Toto kamenivo bylo necháno důkladně nasáknout ve vodě po dobu 24 hodin. Dávkování kameniva bylo provedeno objemově. Pro vytvoření co nejlepšího betonového povrchu byla použita speciální přísada pro pohledové betony Sika PerFin – 300 od firmy Sika CZ s.r.o. Tato přísada dokáže redukovat tvorbu dutinek a pórů na povrchu betonu. Beton byl vibrován pomocí krátké vibrace na vibračním stole (3 – 4 s). Složení betonu bylo následující:

Tabulka 12 – Složení lehkého betonu

Složka		Množství na 1 m ³
CEM I 42,5 R - Mokrá		380 kg
Kamenivo	0 - 4 mm Žabčice	500 kg
	1 - 4 mm Liapor	240 dm ³
	4 - 8 mm Liapor	400 dm ³
Voda		155 kg
Superplastifikační přísada Sika Viscocrete 1035		3,37 kg (0,89 % z m _c)
Sika PerFin - 300		1,13 kg (0,30 % z m _c)

Po 24 hodinách byla deska odformována a vymyta pomocí proudu vody z vodovodního řádu. Po vymytí plochy betonu, která byla v kontaktu se zpomalovačem tuhnutí, bylo provedeno vizuální zhodnocení.



Obr. 41 – Nalepená tapeta na plochu formy



Obr. 42 – Vymytý betonový povrch



Obr. 43 – Detail betonu po vymytí



Obr. 44 – Vlevo plocha formy po odformování, vpravo plocha bednění po strhnutí tapety a očištění vodou

Výsledek technologie použití lepící tapety pro tvorbu složitého vzoru pro vodorovnou betonáž byla velmi zdařilá. Jednotlivé detaily byly dobře viditelné a přechody mezi vymytou a nevymytou plochou byly také velmi dobře zřetelné. Jako nejmenší možné linie se ukázaly ty, které měly tloušťku 4 mm, pokud byla linie tenčí, byla vymyta celá. Při nanesení zpomalovače tuhnutí na celou plochu je možno jeden vzor vyrobit dvakrát a to tak, že první deska bude vyrobena popsáním způsobem a deska druhá bude vyrobena při opětovném použití bednění, jelikož po odlepení tapety máme vytvořený stejný vzor, jak je viditelné na posledním obrázku vpravo. Tato metoda umožňuje vyrobit velice kvalitní grafické betony se složitými vzory, které jsou limitovány pouze nejmenším možným bodem, kdy z předem uvedených důvodů je minimální rozměr bodu 4 mm.

4. ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce bylo v teoretické části vypracovat rešerši různých typů povrchových úprav architektonických betonů. Popsány byly povrchové úpravy v čerstvých i ztvrdlých betonech. Dále byla věnována pozornost vstupním surovinám, způsobům ukládání, kvalitě a typům povrchu bednění a použití separačních prostředků pro zajištění kvalitních pohledových ploch betonů.

V praktické části byla vyzkoušena technologie výroby grafického betonu na svislé formě (šířka 600 x výška 1000 x tloušťka 70 mm), která představovala monolitickou stěnu. Pro dílčí zkoušky správné tvorbu reliéfu pomocí samolepících tapet a zjištění vlivu schnutí zpomalovače tuhnutí na bednění byly použity svislé formy o rozměrech 400 x 400 x 50 mm (š x v x t). Pro zkoušení výroby grafického betonu pomocí nosiče z fotografického papíru, na kterém byl aplikován strojově zpomalovač tuhnutí pomocí souřadnicového zapisovače, byla použita vodorovná forma o rozměrech 300 x 300 x 50 mm (a x b x v). Pro betonáž složitého grafického vzoru byla upravena forma 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t) tak, aby mohla být použita pro vodorovnou betonáž. Při vodorovné betonáži byl použit složitý vzor, který byl vyřezán do samolepící tapety firmou Kompakt VM s.r.o., která posloužila jako šablona pro tvorbu reliéfu pro grafický beton.

Pro zkoušku tvorby vzoru pomocí samolepící pásky byla použita velká forma 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t). Pro výrobu vzoru byla použita samolepící páska, která byla nalepena na bednění, na kterém byl již zaschlý zpomalovač tuhnutí. Beton byl vibrován pomocí ponorného vibrátoru. Po vymytí tlakovou vodou bylo zjištěno, že tato metoda je vhodná pro vytvoření reliéfu s ostrými přechody mezi vymytou a nevymytou plochou, ale vzhledem k rozměrům samolepící pásky je možné tvořit vzory pouze liniové.

Při výrobě desky z barevného samozhutnitelného betonu byla použita pro tvorbu vzoru samolepící tapeta. Tato tapeta, vzhledem ke svým větším rozměrům, umožňuje tvorbu větších a složitějších vzorů. Výsledný povrch měl ovšem hodně vad, které byly způsobené nedostatečnou dobou schnutí zpomalovače tuhnutí a špatným složením betonu, jelikož docházelo ke krvácení betonu.

V dalším kroku byl pozorován vliv doby schnutí na výsledný vzhled grafického betonu a zjištění optimální metody výroby vzorů pomocí samolepících tapet. Správná doba

schnutí zpomalovače tuhnutí na bednění se ukázala jako jeden ze zásadních požadavků pro tvorbu kvalitních vymytých reliéfů. Při nedostatečné době schnutí zpomalovače se objevovaly chyby na výsledných vzorech a jejich rozsah a množství rostlo se snižováním této doby. Bylo zjištěno, že tato doba by neměla být menší než 210 minut.

Po zjištění optimální doby schnutí zpomalovače tuhnutí byl vyroben vzor na ploše formy o rozměrech 600 x 1000 x 70 mm (š x v x t). Při tomto pokusu bylo dosaženo velice nekvalitního povrchu. Na povrchu bylo mnoho chyb a vzory byly nezřetelné. Vzory byly vyrobeny pomocí metody samolepících tapet a pomocí fotografického papíru, na kterém byl nanesen zpomalovač tuhnutí. Příčina vzniku chyb může být ve špatně zvoleném odbedňovacím prostředku, nedostatečné vrstvě zpomalovače tuhnutí nebo špatném způsobu plnění formy betonem.

Pro tvorbu vzoru, který byl nanesen strojově na fotografický papír, byla využita malá vodorovná forma o rozměrech 300 x 300 x 50 mm (a x b x v). Výsledný vzor byl zřetelný, ale jeho velikost kazila výsledný vizuální efekt. Tato technologie však umožňuje vyrobit velkou škálu různých liniových vzorů.

Pro betonáž složitého vzoru byl použit lehký beton, ve kterém bylo použito speciální přísady pro pohledové betony. Tato přísada zabraňuje tvorbě dutin a pórů na pohledové ploše betonu a vytváří kvalitní povrch pohledového betonu. Jako šablona byla použita samolepící tapeta, do které byl vyřezán složitý vzor. Touto metodou byl vytvořen velice kvalitní grafický beton. Bohužel tato metoda byla ověřena pouze při vodorovné betonáži a ne při betonáži svislé.

Pro zdárnou výrobu kvalitních architektonických betonových ploch je vyžadována vysoká pracovní morálka jak při výrobě, návrhu a volbě surovin, ze kterých je tento beton vyroben, tak při volbě způsobu výroby. Architektonický beton vyžaduje zvládnutí všech těchto kroků, protože každé pochybení může mít za následek vznik fatálních chyb na výsledné pohledové ploše betonu.

5. ZDROJE

- [1] MARKO, Ladislav. *Architektonický betón*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1989, 301 s., barev. obr. příl.
- [2] HELA, Rudolf a Vlastimil ŠRŮMA. *Pohledový beton: technická pravidla ČBS 03*. 1. vyd. Praha: ČBS Servis, 2009, 60 s. ISBN 978-80-87158-17-3.
- [3] HELA, R.: *Technologie betonu II*, VUT FAST, Brno 2007
- [4] *Povrchy betonu*. Praha: Beton TKS, 2008, 137 s. ISBN 978-80-254-3863-3
- [5] Stránky firmy USA Renovations, Inc., [online].[cit. 2013-04-16]
Dostupné z: <http://www.usarenovations.com/acid-stained-concrete>
- [6] Stránky firmy PalmCrete [online].[cit. 2013-05-14]
Dostupné z: <http://www.palmcrete.cz>
- [7] Stránky online magazínu ABS – portál [online].[cit. 2013-04-22]
Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/konstrukce-a-prvky/beton/realizace-grafickeho-betonu-v-cr-1256.html>
- [8] *Beton: technologie - konstrukce - sanace*. Praha: Česká betonářská společnost, 2/2005. ISSN 1213-3116
- [9] Stránky společnosti Graphic Concrete Ltd [online].[cit 2013-04-18]
Dostupné z: <http://www.graphicconcrete.fi/>
- [10] Stánky společnosti DYWIDAG PREFA a.s. [online].[cit. 2013-04-23]
Dostupné z: <http://www.dwpl.cz>
- [11] Stránky online magazínu Architectural Record [online].[cit 2013-04-23]
Dostupné z: <http://archrecord.construction.com/products/ProductFocus/1002concrete/3.asp>
- [12] Stránky společnosti Litracon Kft. (Ltd) [online].[cit. 2013-04-15]
Dostupné z: <http://www.litracon.hu/>
- [13] *Beton: technologie - konstrukce - sanace*. Praha: Česká betonářská společnost, 5/2005. ISSN 1213-3116

6. SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 - Všeobecné požadavky na třídy pohledového betonu

Tabulka č. 2 – Kritéria požadavků na povrch pohledového betonu

Tabulka č. 3 - Obecná kritéria pórovitosti

Tabulka č. 4 - Druhy pláště bednění, jejich vlastností a vliv na povrch bednění

Tabulka č. 5 - Použití separačního prostředku dle typu pláště bednění

Tabulka 6 – Složení vibrovaného betonu

Tabulka 7 – Složení barevného samozhutnitelného betonu

Tabulka č. 8 – Složení betonu pro zkoušku doby schnutí zpomalovače tuhnutí pro obě desky

Tabulka č. 9 – Složení samozhutnitelného betonu pro zkoušku tvorby vzorů

Tabulka č. 10 – Složení vibrovaného betonu

Tabulka č. 11 – Složení samozhutnitelného betonu pro vodorovnou betonáž

Tabulka 12 – Složení lehkého betonu

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

(š x v x t) - š - šířka formy, v – výška formy, t – tloušťka formy

(a x b x v) – a, b – rozměry plochy vodorovné formy, v – výška vodorovné formy

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Klenba Pantheonu

Obr. 2 - Hala století

Obr. 3 - Hala století pohled na klenbu

Obr. 4 – Goethaneum interiér

Obr. 5 - Goethaneum v Dornachu

Obr. 6 - Betonový povrch vytvořený pomocí elastické polyuretanové matrice

Obr. 7 – Pohled na připravenou formu vlevo a na hotový osazený panel vpravo

Obr. 8 – Detail povrchu grafického betonu

Obr. 9 – Pohled na celou budovu

Obr. 10 – Mělce pískovaný betonový povrch

Obr. 11 – Betonový povrch upravený středně hlubokým pískováním

Obr. 12 - Betonový povrch upravený hloubkovým pískováním

Obr. 13 – Pokartáčovaný betonový povrch

Obr. 14 – Barevné leptání betonového povrchu podlahy

Obr. 15 – Obrazec vytvořený pomocí barevného leptání betonu

Obr. 16 – Lampa zhotovená technologií LiTraCon

Obr. 17 - Fruangenský kostel ve Stockholmu

Obr. 18- Pohled na bednění se 2 typy zpomalovačů

Obr. 19 – Betonová deska s hloubkou vymytí 2,5 mm na levé půlce a 2,0 mm na pravé půlce desky

Obr. 20 – Detail místa, kde došlo k zatečení betonu pod samolepící pásku

Obr. 21 – Detail místa poškozeného zatečením betonové směsi pod samolepící pásku

Obr. 22 – První plocha bednění připravená k sestavení formy

Obr. 23 – Druhá plocha formy připravená k betonáži

Obr. 24 - Přední plocha betonu po odformování vlevo a plocha formy po odformování vpravo

Obr. 25 – Vlevo zadní odbedněná plocha betonu a pohled na bednění vpravo

Obr. 26 – Vlevo přední plocha desky, vpravo zadní plocha desky

Obr. 27 – Detail zatečení pod fólií na bednění vlevo a detail čísla po vymytí vpravo

Obr. 28 – Detail poškození nápisu vlevo a detail poškození vzoru vpravo

Obr. 29 – Vlevo vymytý povrch plochy, na které schnul zpomalovač 30 minut, vpravo detail plochy s nedokonalostmi reliéfu

Obr. 30 – Vlevo povrch plochy, na kterém schnul zpomalovač tuhnutí 90 minut, vpravo detail plochy s nedokonalostí vzoru

Obr. 31 – Vlevo povrch plochy, na kterém schnul zpomalovač tuhnutí 150 minut, vpravo detail plochy s nedokonalostí vzoru

Obr. 32 – Vlevo povrch plochy, na kterém schnul zpomalovač tuhnutí 210 minut, vpravo detail plochy s kvalitním vzorem vzoru

Obr. 33 – Připravená plocha bednění pomocí první metody

Obr. 34 – Vymytá betonová plocha desky, na které byl vzor vytvořen pomocí první metody

Obr. 35 – Plocha bednění, na které byl vytvořen vzor pomocí druhé metody

Obr. 36 – Vymytá betonová plocha, na které byla použita druhá metoda pro výrobu vzoru

Obr. 37 – Vlevo první plocha formy, vpravo druhá plocha formy

Obr. 38 – První plocha desky po vymytí

Obr. 39 – Druhá plocha desky po vymytí

Obr. 40 – Vymytý vzor vytvořený pomocí zpomalovače tuhnutí naneseného na fotografický papír

Obr. 41 – Nalepená tapeta na plochu formy

Obr. 42 – Vymytý betonový povrch

Obr. 43 – Detail betonu po vymytí

Obr. 44 – Vlevo plocha formy po odformování, vpravo plocha bednění po strhnutí tapety a očištění vodou

9. SEZNAM PŘÍLOH

Technický list Sika ViscoCrete – 1035

Technický list Sika PerFin – 300

Technický list Basf Rheoface 460

Technický list Sika TR5